



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI RANCANGAN CETAKAN PRODUK *TERMINAL*
CAP DITINJAU DARI METODE *DESIGN FOR ASSEMBLY***

SKRIPSI

**GIAN YUNFIKA RAHMI
0906603625**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI RANCANGAN CETAKAN PRODUK *TERMINAL*
CAP DITINJAU DARI METODE *DESIGN FOR ASSEMBLY***

SKRIPSI


**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

**GIAN YUNFIKA RAHMI
0906603625**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**



Nama : Gian Yunfika Rahmi
NPM : 0906603625
Tanda Tangan : *Gian Yunfika Rahmi*
Tanggal : 18 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Gian Yunfika Rahmi
NPM : 0906603625
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Evaluasi Rancangan Cetakan Produk *Terminal Cap* Ditinjau Dari Metode *Design For Assembly*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diajukan sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Rahmat Nurcahyo, M.EngSc ()
Penguji : Ir. Djoko S. Gabriel, MT ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, MEngSc ()
Penguji : Romadhani Ardi, ST, MT ()
Penguji : Dwinta Utari, ST, MT, MBA ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 18 januari 2012

Universitas Indonesia

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala, karena atas berkah dan rahmatNya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan teknik pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai menyusun skripsi ini sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Bapak Ir. Rahmat Nurcahyo M.Eng.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini ;
2. Pihak perusahaan yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan ;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan doa, material dan moral yang tiada henti ;
4. Sahabat Ekstensi TI UI 2009 Depok yang telah banyak memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini ;
5. Hilman Maulana yang telah memberikan bantuan doa, materil, moral dan pengertiannya dari awal kuliah sampai selesainya skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah S.W.T berkenan membalasa segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bisa membawa manfaat bagi perkembangan ilmu.

Depok, 18 Januari 2012

Penulis

Universitas Indonesia

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Gian Yunfika Rahmi
NPM : 0906603625
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : *Evaluasi Rancangan Cetakan Produk Terminal Cap Ditinjau Dari Metode Design For Assembly* beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 18 Januari 2012

Yang menyatakan



(Gian Yunfika Rahmi)

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Gian Yunfika Rahmi
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Evaluasi Rancangan Cetakan Produk *Terminal Cap* Ditinjau
Dari Metode *Design For Assembly*

Kualitas suatu produk sangat penting dalam dunia industri. Karena itu setiap proses produksi di dalamnya harus dapat menghasilkan produk yang memiliki kualifikasi sesuai dengan permintaan pelanggan. Metoda Design For Assembly yang dapat digunakan selain untuk menekan biaya produksi juga dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk, dan mempermudah proses produksi. Begitu juga dengan metode Quality For Deployment yang akan mengantarkan kita pada tingkat kepentingan permintaan pelanggan yang dapat memudahkan analisa DFA.

Kombinasi kedua metode tersebut dapat menghasilkan rancangan cetakan yang tidak hanya mudah dibuat, tapi juga mempermudah proses pembuatan produk dan menghasilkan produk yang sesuai dengan kualifikasi pelanggan. Walaupun waktu proses manufaktur naik selama 18,5 jam atau sebesar 8,85% tetapi untuk proses perakitan berkurang sebesar 11,28 jam atau 74,53%. Sehingga secara keseluruhan waktu proses rancangan baru bertambah 6.8 jam dari proses sebelumnya atau hanya sebesar 3.03 % dengan kualitas produk yang diharapkan memenuhi kualifikasi pelanggan.

Kata kunci :

Design For Assembly, Quality Function Deployment, Design process

ABSTRACT

Name : Gian Yunfika Rahmi
Study Program : Industrial Engineering
Title : The Evaluation of Mold Design for Terminal Cap Product
terms of Design For Assembly method.

The quality of product is important in industrial. Therefore, each process of production should be able to make qualification of product suitable with customer requirement.

Design For Assembly method can be used to reduce production costs, repair and improve product quality, and facilitate production process of manufacturing product. Quality Function Deployment method take us on a level of importance customer requirements will facilitate for DFA analysis.

The result by combination of both methods not only make easiness production design of mold, but also easier manufacturing process of product and produce the products according to customer qualifications. Although the manufacturing process up for 18.5 hours or by 8.85% but for the assembly process was reduced by 11.28 hours or 74.53%. Overall the new design increases the processing time 6.8 hours from the previous process or only 3,03% with expectation the quality products are meet customer qualifications.

Key Words :

Design For Assembly, Quality Function Deployment, Design process

DAFTAR ISI

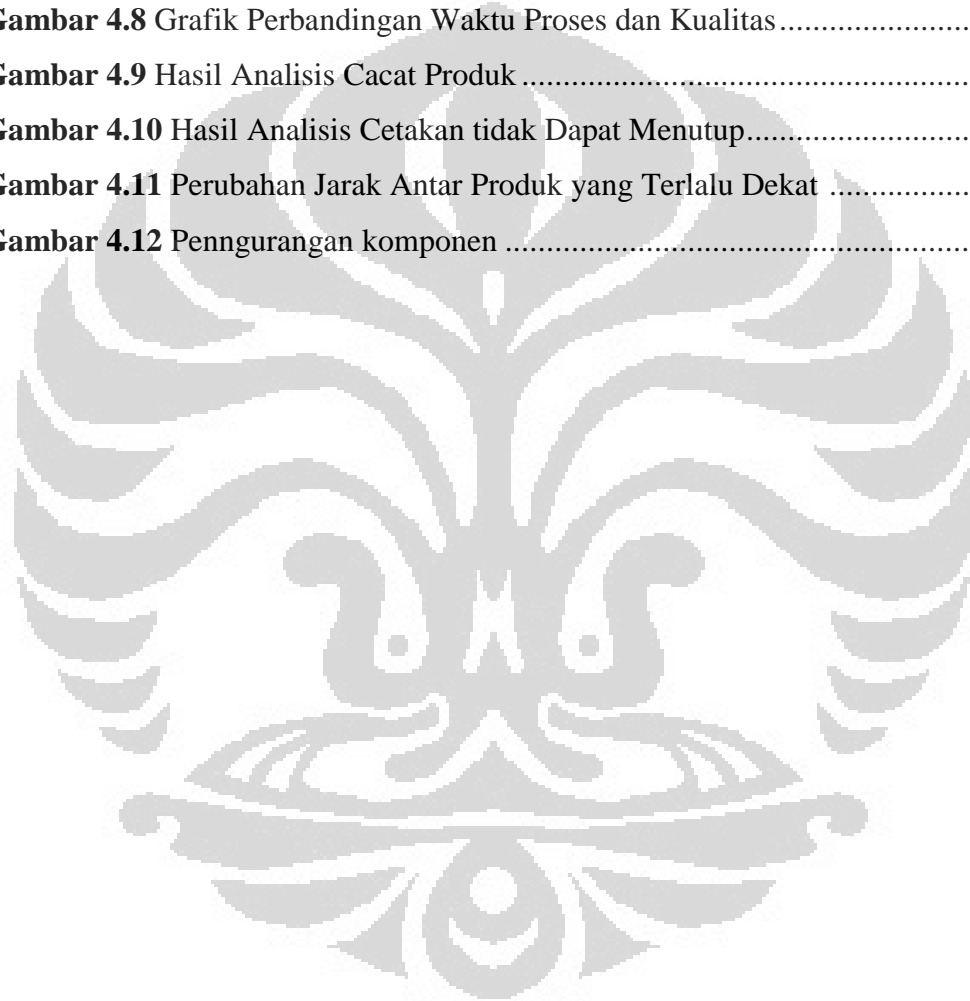
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah.	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
2. LANDASAN TEORI	8
2.1 Profil Perusahaan.....	8
2.2 Spesifikasi produk.	9
2.3. Injeksi	10
2.3.1. Prinsip Kerja Mesin Injeksi.....	14
2.4 Cetakan (<i>Mold</i>)	21
2.5 <i>Design For Manufacturing</i> (DFM)	15
2.6 <i>Design For Assembly</i> (DFA)	18
2.7 <i>Design For Manufacturing and Assembly</i> (DFA)	23
2.8 <i>Quality Function for Deployment</i> (QFD)	26
2.8.1. Pengertian <i>Quality function Deployment</i>	26

2.8.2. Manfaat QFD.	26
2.3.1. <i>House of Quality</i>	27
3. PENGUMPULAN DATA	33
3.1. Data Produk	34
3.2. Data Rancangan Cetakan Awal.....	35
3.3. Data Proses Perbaikan / <i>Assembly</i>	39
3.4. Data Proses manufaktur.....	41
3.4. Cacat / <i>Defect</i>	44
4. ANALISIS.....	47
4.1. Analisis <i>House of Quality</i>	48
4.2. Analisis Design For Assembly	49
4.2.1. Analisis rancangan lama.....	49
4.3. Analisis Cacat.....	52
4.4. Perhitungan Waktu Proses Produksi Rancangan Baru	54
4.5. Kesimpulan Bab 4	56
5. KESIMPULAN DAN SARAN	61
DAFTAR REFERENSI	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Produk <i>Terminal Cap</i>	2
Gambar 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah	3
Gambar 1.3. Prosentase Permasalahan <i>Terminal Cap</i>	4
Gambar 1.4. Diagram Metodologi Penelitian.....	7
Gambar 2.1 Area Pabrik.....	8
Gambar 2.2 Spesifikasi Produk.....	10
Gambar 2.3 Komponen Injeksi Mesin	11
Gambar 2.4 Langkah kerja 1 Mesin injeksi.....	12
Gambar 2.5 Langkah kerja 2 Mesin Injeksi.....	12
Gambar 2.6 Langkah Kerja 3 Mesin Injeksi.....	12
Gambar 2.7 Bentuk Dasar Konstruksi Cetakan	13
Gambar 2.8 Komponen Cetakan.....	14
Gambar 2.9 Optimalisasi proses dan produk berkelanjutan (Stoll 1990)	17
Gambar 2.10 Metoda DFA (Boothroyd 1994)	18
Gambar 2.11 Mengurangi Jumlah dan Tipe Komponen	20
Gambar 2.12 Contoh Desain Untuk Kemudahan Setting.....	21
Gambar 2.13 Contoh Perakitan dengan bentuk Asimetris dan Orientasi pemasangan	22
Gambar 2.14 Perbandingan Waktu antara Metode DFMA dan tradisional	24
Gambar 2.15 Diagram Aliran Proses DFMA	25
Gambar 2.16 <i>House of Quality</i>	28
Gambar 3.1 Metoda DFMA.....	34
Gambar 3.2 Bentuk 3D <i>Terminal Cap</i>	35
Gambar 3.3 Gambar Produk 2D <i>Terminal Cap</i>	35
Gambar 3.4 Komponen Sistem Cetakan Injeksi	36
Gambar 3.5 Gambar Cacat produk.....	45
Gambar 3.6 Penyebab Cacat 1	46
Gambar 3.7 Identifikasi Penyebab Cacat 2.....	33
Gambar 4.1 <i>House of Quality</i> cetakan <i>Terminal Cap</i>	48

Gambar 4.2 Proses Perakitan Sebelum dan Sesudah DFA	50
Gambar 4.3 <i>Slider Block</i> Sebelum dan Sesudah DFA	50
Gambar 4.4 Jarak Produk Bermasalah pada <i>Slider Block</i>	51
Gambar 4.5 Susunan Cetakan Sebelum dan Sesudah Penambahan Pegas	52
Gambar 4.6 Sebelum dan Sesudah Analisis DFA untuk Cacat 1	53
Gambar 4.7 Sebelum dan Sesudah Analisis DFA untuk Cacat 2	54
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Waktu Proses dan Kualitas	57
Gambar 4.9 Hasil Analisis Cacat Produk	58
Gambar 4.10 Hasil Analisis Cetakan tidak Dapat Menutup	59
Gambar 4.11 Perubahan Jarak Antar Produk yang Terlalu Dekat	59
Gambar 4.12 Pengurangan komponen	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Mesin dan Peralatan	9
Tabel 2.2 Tabel Analisa Perakitan Manual	23
Tabel 2.3 <i>Sales Point</i>	29
Tabel 2.4 Simbol dan Matrik Interaksi.....	30
Tabel 2.5 Simbol Interaksi Parameter Teknik	30
Tabel 3.1 Komponen Cetakan	38
Tabel 3.2 Proses Perakitan Cetakan Terminal Cap.....	39
Tabel 3.3 Waktu Proses Manufaktur Cetakan <i>Terminal Cap</i>	42
Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Waktu Proses Manufaktur Rancangan Baru	55
Tabel 4.2 Tabel Perhitungan Waktu Proses Perakitan Rancangan Baru	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Parameter Mesin	63
Lampiran 2 Gambar Rancangan Lama	64



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di dalam dunia industri, suatu proses produksi mengalami proses perancangan terlebih dahulu. Begitu pula dengan cetakan atau *mold* yang berarti rongga tempat material leleh (plastik atau logam) memperoleh bentuk. Di dalam proses perancangan cetakan itu sendiri sangat erat kaitannya dengan berbagai macam metoda, salah satunya metoda *Design for Assembly (DFA)*.

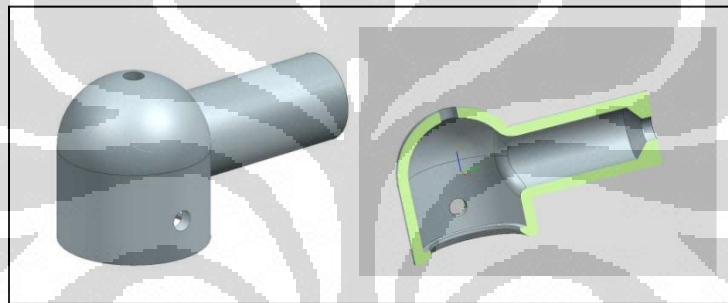
DFA banyak diaplikasikan beberapa industri terkemuka seluruh dunia seperti Boeing, Motorola dan HP. Metoda DFA digunakan untuk mengurangi proses waktu *development*, menekan biaya produksi, menaikkan produktivitas, dan meningkatkan kualitas produk (Dewurst, Boothroyd. *Design for Manufacturing and Assembly*). Desain menjadi masalah utama karena menurut Gwynn (1999) pada elemen desain yaitu bahan, geometri, dan spesifikasi kualitas memiliki pengaruh langsung pada manufakturabilitasnya yaitu kualitas, ekonomi, dan produktivitas.

Proses produksi cetakan, terutama pada perusahaan yang memiliki sistim *job shop* terdapat 3 hal yang sangat mempengaruhi dalam penguasaan pasar yaitu ketepatan waktu pembuatan cetakan, kualitas yang sesuai permintaan, dan harga yang terjangkau. Berdasarkan hal tersebut setiap industri bersaing dalam 3 hal itu dan proses perancangan tidak terlepas dari kecepatan proses pembuatan hasil rancangan, kualitas produk yang sesuai permintaan pelanggan dan harga yang murah. Salah satunya adalah sebuah perusahaan yang berlokasi di jalan Pekapuran kawasan Jalan Raya Bogor. Perusahaan yang sedang berkembang ini memiliki jumlah pegawai sekitar 20 orang dan menganut 3 diatas untuk merebut perhatian pasar dan mempertahankan pelanggan.

Perusahaan tersebut memproduksi cetakan yang telah dipesan yaitu cetakan *Terminal Cap*. Pada saat percobaan terjadi beberapa kesalahan yang diakibatkan oleh kekurangan saat proses perancangan. Kesalahan yang terjadi menyebabkan tidak dapat terbentuknya produk, untuk menanggulangnya dilakukan perbaikan pada beberapa komponen kemudian perbaikan di evaluasi melalui pendekatan metode

Design For Assembly. Peninjauan dengan metode DFA dilakukan untuk mengetahui apakah perbaikan telah sesuai dengan metode yang DFA telah ada dimana metode ini mampu menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan keinginan pelanggan, batas waktu yang diinginkan oleh pelanggan, dan apabila memungkinkan dengan biaya yang lebih rendah.

Gambar 1.1 dibawah ini memperlihatkan bentuk geometris produk *Terminal Cap* yang diproduksi. Dimensi *Terminal Cap* yang kecil menjadikan ukuran cetakan yang dibutuhkan juga berukuran kecil. Hal yang harus diperhatikan pada cetakan *Terminal Cap* adalah rancangan sistim cetakan yang telah dibuat karena material plastik yang digunakan memiliki tingkat elastisitas yang tinggi.



Gambar 1.1. Produk *Terminal Cap*

Dengan gambar produk yang telah diterima dari pelanggan, maka fase konsep merancang sistim cetakan dimulai.

1.2. Diagram Keterkaitan Masalah

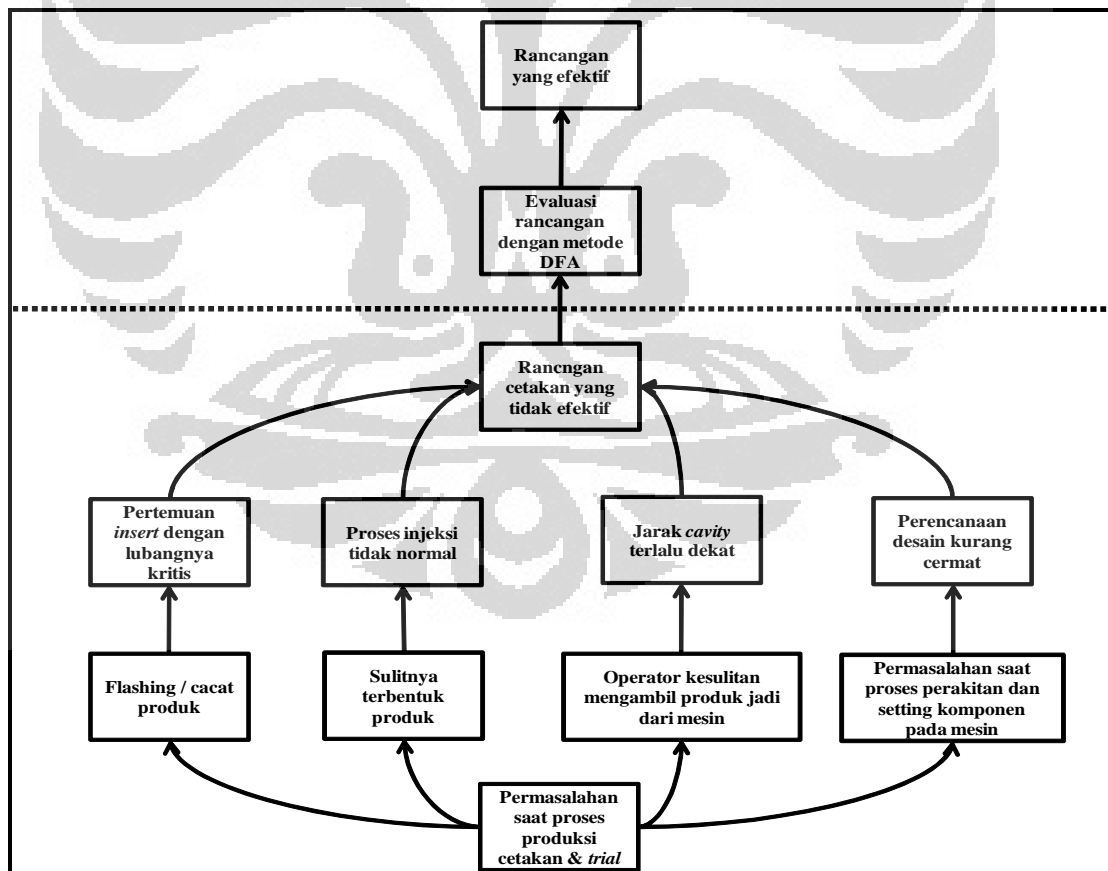
Dalam merancang terdapat beberapa fase, gambar produk yang diterima diolah menjadi data yang bisa digunakan untuk merancang, antara lain merubahnya menjadi bentuk 3 dimensi dengan ketentuan baku rancangan cetakan. Setelah perancang mengenali produknya maka tahap berikut adalah mendapatkan konsep sistim cetakan.

Dengan mendapatkan konsep sistim, proses perancangan akan lebih mudah dan cepat, dan juga dengan konsep sistim seorang perancang sudah dapat memesan material sehingga waktu produksi tidak akan terbuang banyak dengan menunggu pesanan material datang untuk diproses. Setelah seluruh proses rancangan selesai maka proses manufaktur dimulai sampai cetakan selesai dan dapat di coba produksi

sehingga menghasilkan produk hasil percobaan produksi 1.

Permasalahan utama terjadi setelah proses percobaan produksi *Terminal Cap* dan didapatkan produk hasil percobaan produksi. Produk hasil percobaan produksi sebanyak 100 pcs belum memenuhi standar kualifikasi yang diminta oleh pelanggan. Kualifikasi yang diminta oleh pelanggan diantaranya hasil produk harus sesuai dengan contoh produk yang diberikan yaitu tidak memiliki cacat. Permasalahan lainnya yaitu pada proses produksi injeksi operator injeksi mengalami kesulitan karena sistim cetakan yang dibuat kurang efisien.

Pada gambar 1.2 di bawah ini yaitu gambar Diagram keterkaitan masalah menjabarkan secara sistematik penyebab permasalahan dan juga hasil yang diharapkan dari karya tulis ini. Diawali dengan permasalahan kualitas dan diakhiri dengan kebutuhan akan rancangan cetakan yang efektif. Untuk menyelesaikan permasalahan dilakukan evaluasi dengan pendekatan metoda DFA.

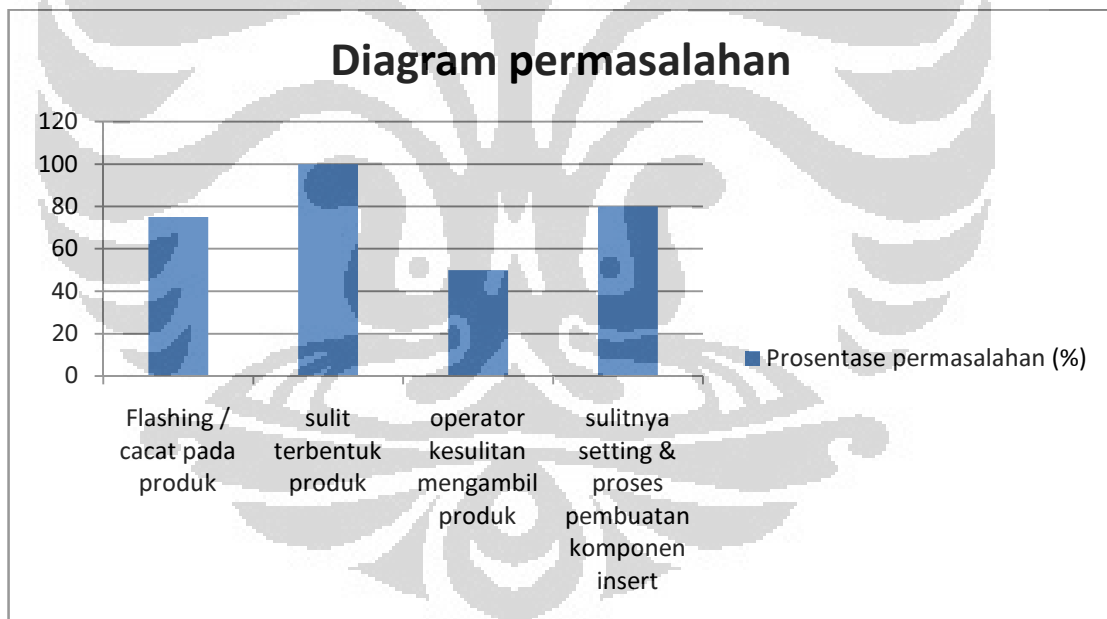


Gambar 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah

Pada gambar 1.2 permasalahan *flashing* yaitu suatu fenomena plastik cair yang terdesak ke dalam celah / *clearance* dan membentuk lebih plastik diakibatkan oleh pertemuan *insert* yaitu pembentuk produk pada cetakan yang tidak presisi. Masalah berikutnya yaitu proses injeksi tidak normal dan juga jarak *cavity* atau bagian pembentuk produk yang tidak bergerak terlalu dekat sehingga operator kesulitan mengambil produk dari cetakan, dan terakhir yaitu permasalahan saat proses produksi cetakan dan *setting* komponen saat diproses di mesin.

1.3. Rumusan Masalah

Terminal Cap adalah produk yang berbahan dasar plastic PVC, sehingga cetakan yang dibuat harus dapat disesuaikan dengan sifat PVC yang memiliki fleksibilitas tinggi. Pada percobaan pertama terjadi masalah pada hasil produk. Gambar 1.3 di bawah ini adalah representasi kuantitas data yang didapat dari hasil percobaan pertama cetakan *Terminal Cap* dalam 100 kali proses injeksi.



Gambar 1.3. Prosentase Permasalahan cetakan *Terminal Cap*

Berdasarkan gambar, permasalahan yang terjadi pada cetakan *Terminal Cap* yaitu:

1. Sebanyak 75% produk yang dihasilkan pada percobaan pertama mengalami cacat *flashing*,

2. Setelah proses injeksi pertama cetakan tidak dapat menutup sehingga 99% produk cap terminal lainnya sulit terbentuk
3. Operator kesulitan mengambil 2 produk (50%) dari 4 produk *cavity* pada cetakan, karena jaraknya yang terlalu dekat.
4. Sulitnya setting dan proses pembuatan komponen *insert*.

1.4. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi rancangan cetakan melalui pendekatan metode *Design for Assembly* untuk produk *Terminal Cap* yang diharapkan dapat :

1. Menekan cacat flashing pada produk
2. Mencetak produk dengan lancar
3. Mempermudah operator mengambil produk jadi dari mesin
4. Mempermudah pembuatan dan setting insert

1.5. Ruang lingkup

Ruang Lingkup Penelitian ini adalah :

1. Proses Perancangan cetakan plastik digunakan untuk pembuatan produk Cap Terminal dengan menggunakan bantuan *software* AUTOCAD dan UNIGRAPHIC.
2. Data yang digunakan adalah data yang diambil dari perusahaan pada bulan April 2011-Agustus 2011.
3. Fokus penelitian adalah mendapatkan desain yang sesuai dengan tujuan penelitian tanpa perhitungan biaya.
4. Desain yang dihasilkan dari penelitian tidak akan dilakukan percobaan / *trial*.

1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian akan memaparkan secara rinci tahapan penelitian yang akan dilakukan

1. Persiapan Penelitian :
 - a. menentukan topik & permasalahan
 - b. menentukan rumusan permasalahan
 - c. menentukan tujuan penelitian
 - d. membuat batasan masalah
2. Penentuan dan Pemahaman landasan Teori :

Pada tahap ini mempelajari jurnal dan teori untuk mencari solusi yang tepat. Teori tersebut adalah *Design For Assembly* yang akan digunakan sebagai solusi dan penyelesaian masalah.

3. Pengumpulan Data

Data yang didapatkan adalah data primer dengan cara observasi langsung. pengumpulan data dilakukan saat proses produksi berlangsung dan setelah percobaan. Beberapa data yang dibutuhkan yaitu :

- a. Spesifikasi produk
- b. Waktu proses produksi cetakan
- c. Waktu proses perakitan cetakan
- d. Data hasil percobaan injeksi Produsen
- e. Data hasil percobaan injeksi Pelanggan (*Good / Not Good*)

4. Pengolahan data & Analisis Data

Pengolahan data dimulai dengan analisa hasil percobaan, kemudian analisa rancangan lama, analisa waktu proses dan waktu assembly rancangan lama untuk mengetahui kekurangan dan bagian yang dapat dioptimalisasi kemudian dilakukan pembuatan rancangan baru dengan menggunakan metoda DFA dalam perncangan baru.

5. Kesimpulan & Saran

Dihasilkan kesimpulan mengenai keseluruhan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.7. Sistematika Penulisan

Bab 1 berisi tentang pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang dilakukan tujuan penelitian, diagram keterkaitan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

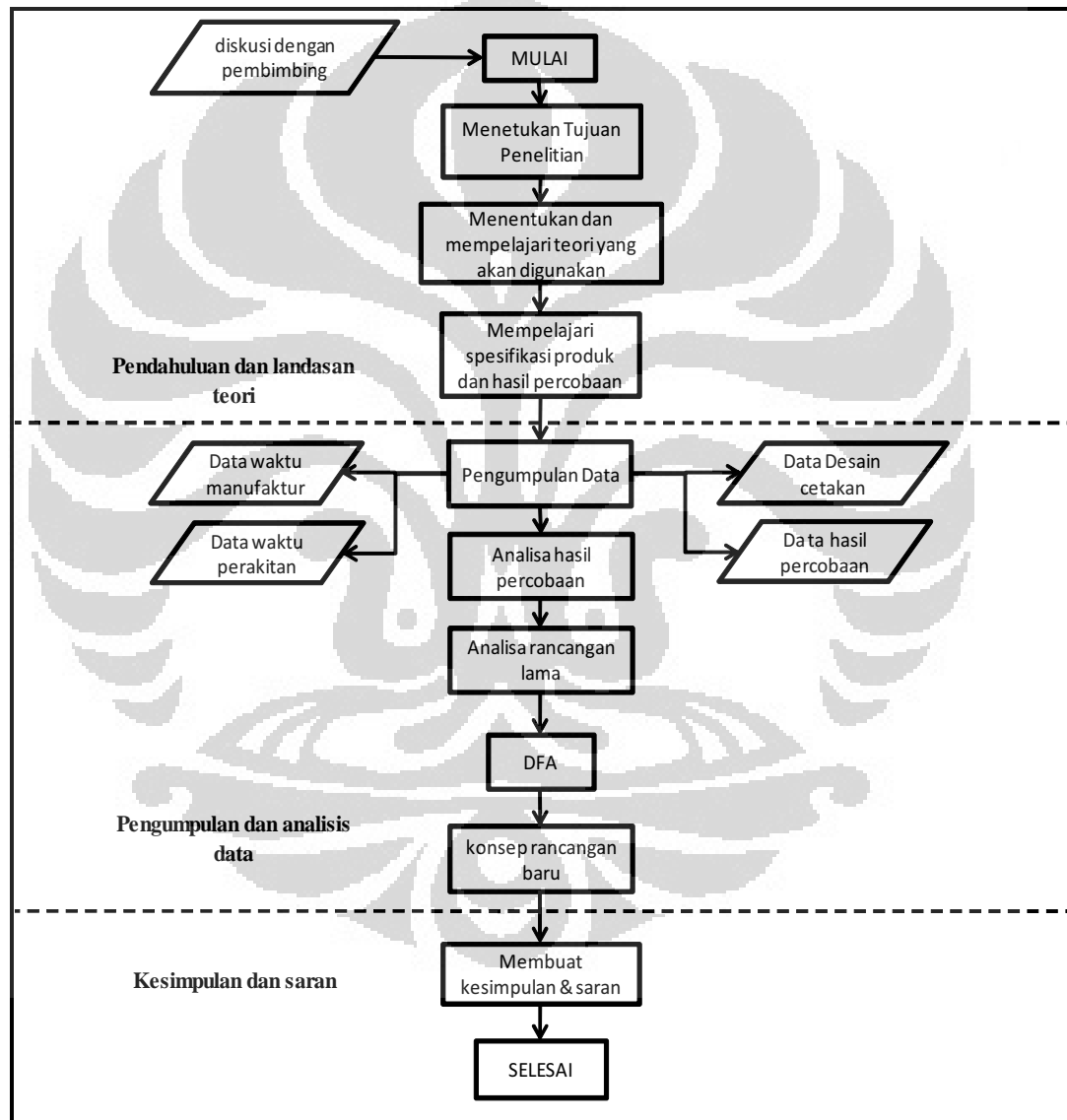
Bab 2 berisi tinjauan pustaka yang digunakan sebagai dasar dalam pengolahan data dan pengambilan keputusan penelitian. Teori yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah adalah metoda *Design For Assembly* (DFA).

Bab 3 akan menyajikan pengumpulan dan pengolahan data. Semua data yang telah dikumpulkan akan menjadi bahan analisa pada bab 4. Data tersebut berisi tentang waktu proses, produk dan catatan hasil percobaan menurut produsen dan costumer, data rancangan lama beserta komponennya.

Bab 4 berisi analisa rancangan lama dan pembuatan rancangan baru agar tercapai tujuan penulisan yaitu menghasilkan rancangan cetakan yang dapat menghasilkan produk sesuai dengan kualifikasi yang diminta oleh produsen.

Bab 5 akan menjelaskan kesimpulan akhir dari penelitian dan saran yang diusulkan untuk penelitian berikutnya.

Gambar 1.3 di bawah ini memberikan gambaran metodologi penelitian yang akan dilakukan menggunakan metoda DFA.



Gambar 1.4. Diagram Metoda Penelitian

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Profil Perusahaan

Perusahaan tempat pengambilan data ini berdiri pada bulan April 2007, terletak di Jalan Pekapuran Raya no 60, Raya Bogor Km 32.5 Cimanggis, Depok 16953. Cakupan bisnis yang dimiliki yaitu merancang dan membuat cetakan plastic injeksi, cetakan die casting dan alat penetap-penepat (Jig&Fixture). Perusahaan ini memiliki luas area pabrik sebesar 300m², dengan 21 karyawan. Dengan usia perusahaan yang baru 4 tahun ini sudah memiliki 22 pelanggan. Produk yang dihasilkan melalui cetakan lebih banyak komponen otomotif, baik aksesoris ataupun kelengkapan komponen.



Gambar 2.1. Gambar Area pabrik
Berikut beberapa mesin dan peralatan yang dimiliki oleh perusahaan tersebut dapat terlihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Tabel mesin dan peralatan

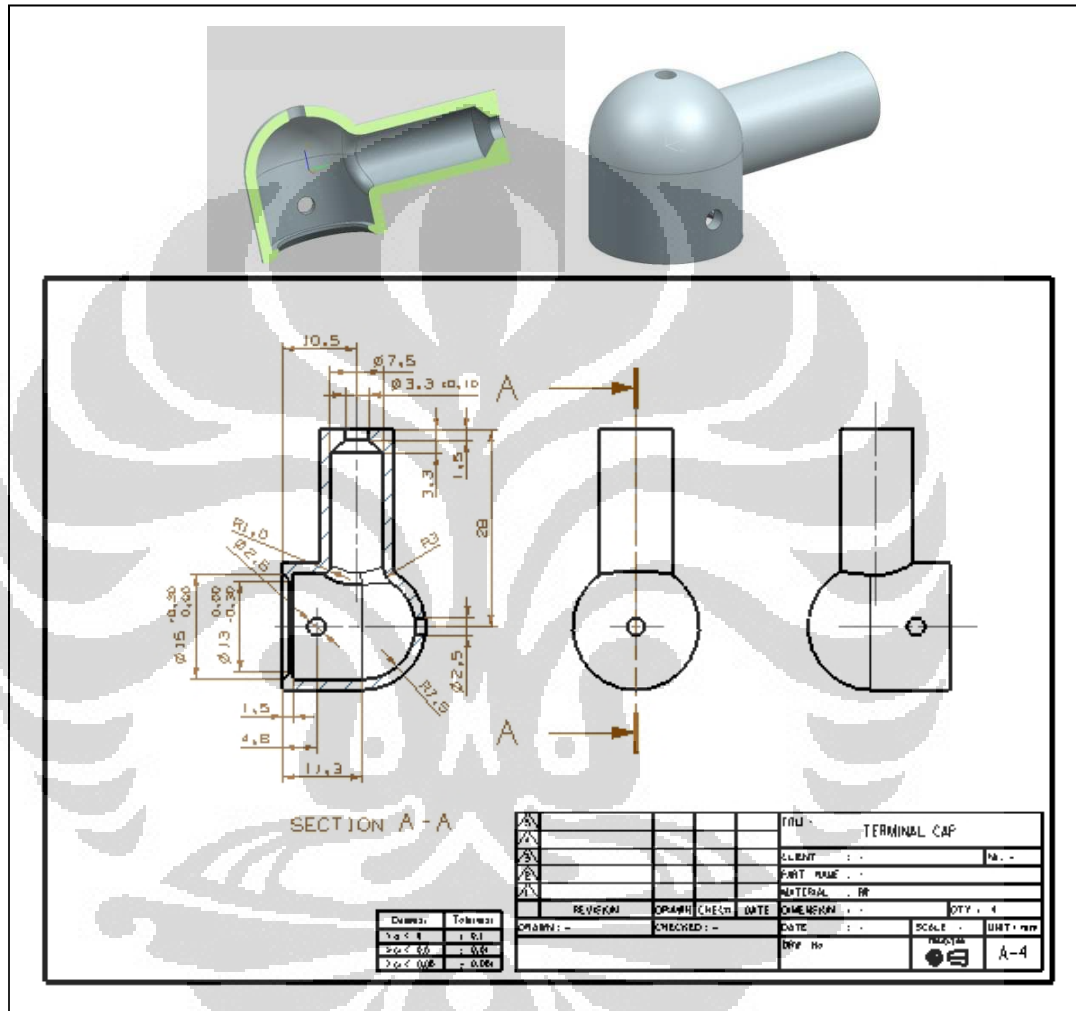
	Machine Name	Type	Manufacturer	Capacity	
				XYZ (mm)	Weight / Qty
CNC M/C	CNC High Speed Vertical Milling (Profesional 4)	S 56	Makino Japan	900 x 500 x 450	500 Kg
	CNC Vertical Milling (Fanuc Series 21iMB)	Power Center PRO 1000	Hartford Taiwan	1000 x 600 x 630	800 Kg
EDM	CNC EDM	CM 655	Chmer Taiwan	600 x 500 x 500	3000 Kg
	CNC EDM	A 53	Chmer Taiwan	500 x 350 x 350	1000 Kg
Manual Machine	Surface Grinding	KGS 84 AHD	Kent Taiwan	800 x 400	700 Kg
	Vertical Milling	LC-1875 VN-B	First Taiwan	790 x 415 x 390	200 Kg
	Vertical Milling	DL-G2200	Dahlih Taiwan	820 x 450 x 400	250 Kg
	Lathe	CL-L1640	Yunnan Taiwan	410 x 750	
	Radial Drill	Z 3025 X 16	Taiwan	25 x 1100	
	Bandsaw	RF 812 N	Arfa Taiwan		
Other	Ultrasonic Polishing	Ultramax UM-1200	Geishwein USA		2 pcs
	Micro Grinder	NE 129	NSK Japan		2 pcs
	Crane	5T Single Girder	Konecranes	5 Tons	1 set
Quality Control	Digital Caliper		Mitutoyo Japan	0 - 200	2 pcs
	Digimatic Depth		Mitutoyo Japan	0 - 150	1 set
	Bore Gauge		Mitutoyo Japan	50 - 150	1 set
	Vernier Caliper		Mitutoyo Japan	0 - 200	2 pcs
	Vernier Caliper		Mitutoyo Japan	0 - 300	1 pc

2.2 Spesifikasi Produk

Sesuai data yang didapat, cetakan yang akan diproduksi yaitu cetakan produk *Terminal Cap*. Material yang digunakan adalah Polyvinyl Chloride (PVC) . PVC *soft*

memiliki sifat yang lentur, sehingga pada cetakan yang akan dibuat tidak akan memiliki sistem pendorong produk keluar dari cetakan membuat operator mengambil produk secara manual setelah proses pencetakan produk selesai pada mesin.

Di bawah ini gambar 3D produk beserta gambar detail produk :

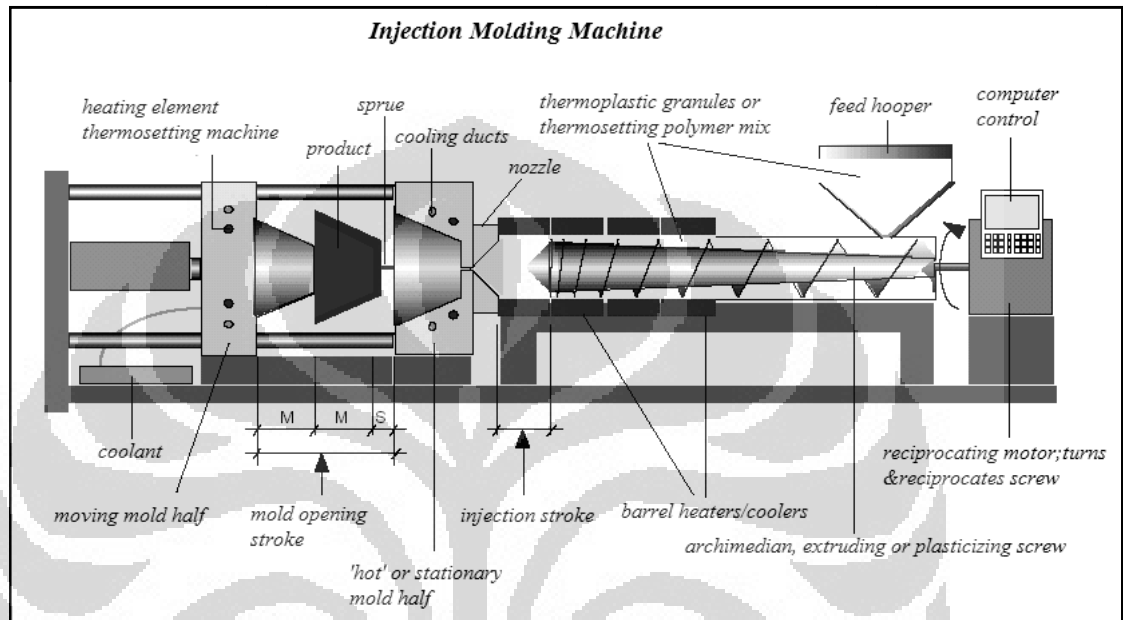


2.3 Injeksi

Cetakan Injeksi merupakan proses dalam pembuatan produk dari material jenis *thermoplastik* dengan cara menginjeksikan cairan plastik dari mesin injeksi ke dalam rongga cetak. Proses ini terdiri dari dua komponen utama yaitu mesin injeksi dan cetakan.

Proses injeksi sangat cepat dan digunakan untuk membuat produk dengan jumlah produksi yang besar. Komponen yang paling penting dalam proses cetak

injeksi adalah mesin injeksi dan cetakan (*Mold tool*). Untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan optimal, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi antara lain kepresisian dimensi, kompleksitas geometri, maupun efisiensi proses dan masih banyak lagi. Pada gambar 2.3 memperlihatkan komponen mesin injeksi.



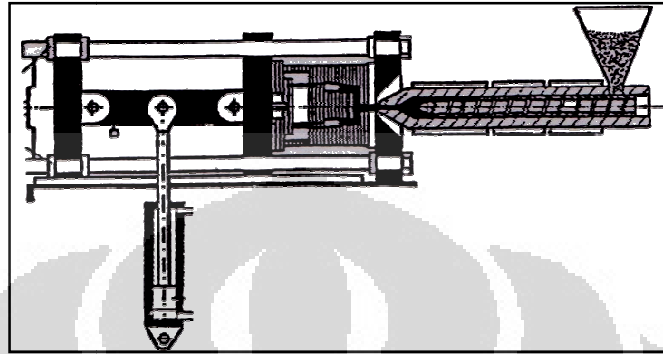
Gambar 2.3 Komponen mesin injeksi cetakan

2.3.1 Prinsip Kerja Mesin Injeksi

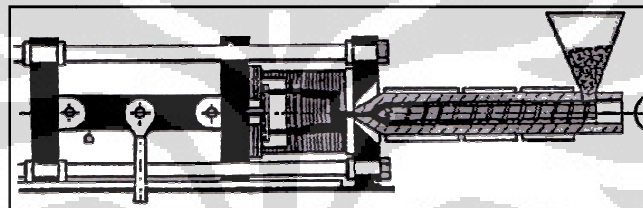
Berikut ini adalah gambaran tentang bagaimana komponen-komponen mesin injeksi bekerja terutama pada mesin injeksi tipe *reciprocating screw injection machine*.

1. Cetakan tertutup, *screw* / ulir bergerak mendorong plastik cair pada *barrel* untuk diinjeksikan kedalam cetakan. Ulir akan tetap pada posisinya untuk mempertahankan tekanan injeksi sampai plastik cair yang disuntikan menjadi padat dalam cetakan, proses 1 dapat dilihat pada gambar 2.4
2. Ulir berputar menarik material plastik baru dari *hopper* untuk dicairkan dan kemudian dialirkan kebagian depan ulir. Tekanan balik menekan ulir kembali kebelakang sampai pada batas *switch*nya, proses 2 dapat dilihat pada gambar 2.5

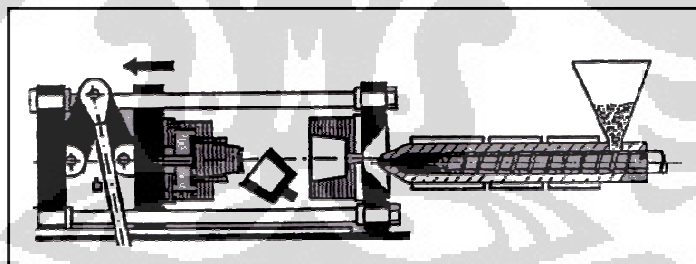
3. Cetakan terbuka dan produk yang telah dicetak dikeluarkan. Cetakan akan kembali untuk mengulangi siklus proses injeksi selanjutnya seperti digambarkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.4 Langkah kerja 1 mesin injeksi



Gambar 2.5 Langkah kerja 2 mesin injeksi



Gambar 2.6 Langkah kerja 3 mesin injeksi

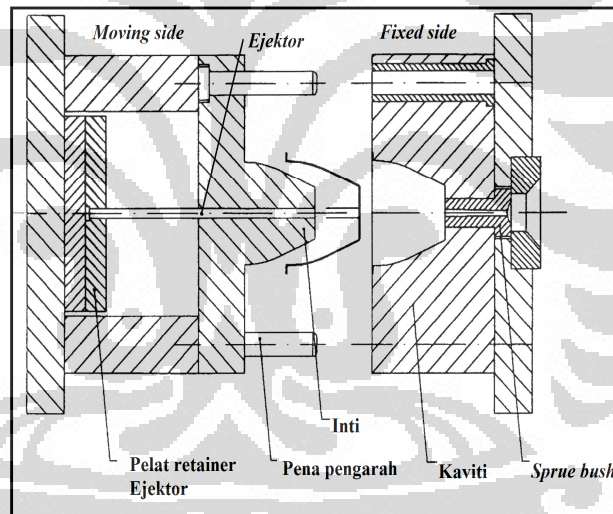
2.4 Cetakan (*Mold*)

Produk-produk plastik berasal dari sebuah cetakan. Cetakan tersebut dikonstruksikan dari beberapa komponen yang memiliki fungsi-fungsi tertentu dan satu sama lainnya saling memiliki ketergantungan. Komponen-komponen itu antara lain seperti rongga cetak, beberapa pelat, sistem pengarah, sistem saluran dan mekanisme *ejeksi*. Ketika cetakan terbuka maka akan terpisah pada *parting line*-nya dan mengeluarkan produk pada bentuk akhir sesuai dengan rongga cetaknya.

Pada intinya pencetak terdiri dari dua sub bagian utama, yaitu sub bagian inti cetakan (*core*) dan sub bagian kaviti cetakan yang satu sama lain dapat terbuka sebagai tempat pengeluaran produk. Kedua sub bagian tersebut dibedakan menurut pemasangannya pada mesin injeksi sebagai:

1. sisi tetap (*fixed side*)
2. sisi bergerak (*moving side*)

Pada sisi tetap terdapat komponen pemasukan cairan plastik (*sprue*) yang menghubungkan aliran material plastik yang diinjeksikan dari *nozzle* mesin pada saluran (*runner*) yang akan mengisi rongga cetak melalui *gate*. Sedangkan pada sisi bergeraknya terdapat mekanisme pengeluaran produk yang akan menendang produk dari inti cetakan setelah tahap pembentukan selesai dilakukan dengan sempurna dalam rongga cetak.



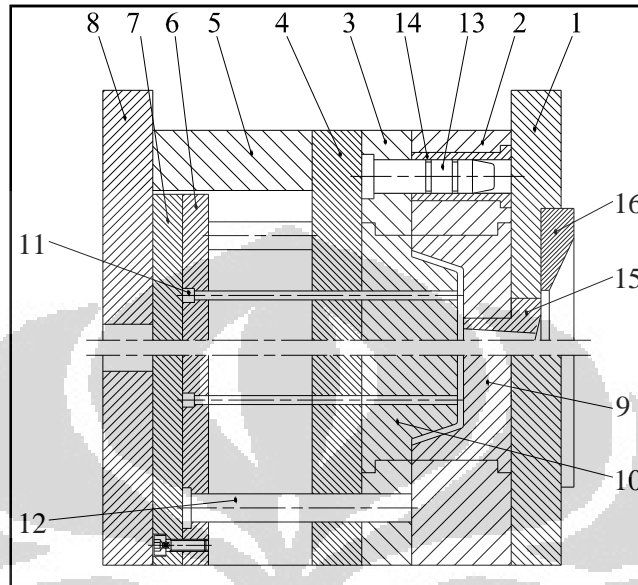
Gambar 2.7 Bentuk dasar konstruksi cetakan

Komponen utama dalam sebuah cetakan adalah *Cavity* dan *Core*. Kedua komponen ini merupakan komponen yang akan membentuk rongga cetak dengan bentuk sesuai produk yang diinginkan. Rongga cetak yang terbentuk tidak terbatas terbentuk dari pelat, tetapi juga bisa menggunakan *insert* / sisipan. Gambar komponen beserta bagiannya dapat dilihat pada gambar 2.8

Sesuai dengan tuntutan bentuk produk yang ingin dihasilkan, maka cetakan injeksi plastik dibagi menjadi beberapa jenis cetakan yaitu :

1. Cetakan dua pelat (*two plate mold*)

Cetakan dua pelat adalah cetakan injeksi yang paling sederhana, memiliki



Gambar 2.8 Komponen cetakan

Keterangan gambar 2.8 :

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Top Plate</i> | 9. <i>Insert Cavity</i> |
| 2. <i>Cavity Plate</i> | 10. <i>Insert Core</i> |
| 3. <i>Core Plate</i> | 11. <i>Ejektor Pin</i> |
| 4. <i>Support Plate</i> | 12. <i>Return Pin</i> |
| 5. <i>Spacer</i> | 13. <i>Guide Pin</i> |
| 6. <i>Ejector Retainer Plate</i> | 14. <i>Guide Bush</i> |
| 7. <i>Ejector Plate</i> | 15. <i>Sprue Bush</i> |
| 8. <i>Bottom Plate</i> | 16. <i>Locating Ring</i> |

satu bukaan, terdiri dari plat tetap dan pelat jalan, tanpa memiliki mekanisme gerakan lainnya. Contoh bentuk yang bisa dihasilkan adalah bentuk mangkuk.

2. Cetakan berslides (*slide mold*)

Cetakan berslides adalah cetakan yang mempunyai mekanisme bukaan yang arahnya lateral atau membentuk sudut dengan bukaan utama. Contoh bentuk produknya adalah tutup pulpen yang memiliki lubang tegak lurus terhadap lubang

tempat masuknya pena.

3. Cetakan kaviti setangkup (split mold)

Cetakan kaviti setangkup memiliki mekanisme sama dengan bukaan slider, akan tetapi pada cetakan jenis ini terdapat perbedaan pada konstruksi bukaan yang dipakai. Kaviti setangkup atas dan bawah umumnya simetri. Bentuk produk memanjang dan memiliki alur-alur. Contoh produknya adalah pegangan obeng.

4. Cetakan ulir (unscrewing mold)

Cetakan ulir adalah cetakan yang memiliki mekanisme putaran pembuka ulir, sehingga produk yang memiliki ulir dapat keluar dengan mulus dari cetakan. Ulir yang dibentuk dapat berupa ulir dalam maupun ulir luar. Contoh produk yang dihasilkannya adalah tutup kemasan botol.

5. Cetakan tiga pelat (three plate mold)

Cetakan tiga pelat adalah cetakan yang memiliki lebih dari satu bukaan ke arah bukaan mesin dengan maksud untuk mendapatkan produk yang sudah terpisah dengan sistem saluran. Cetakan memiliki tiga bagian pelat yaitu : pelat tetap, pelat jalan, dan pelat antara.

2.5 *Design For Manufacturing (DFM)*

Design For Manufacturing (DFM) merupakan suatu proses perancangan komponen dengan mempertimbangkan proses yang akan digunakan dalam membuat komponen tersebut untuk memastikan bahwa biaya manufakturnya diperkecil. Pengertian lainnya bahwa DFM adalah filosofi dimana manufaktur diletakan sebagai tahap awal dari proses design untuk merencanakan komponen dan produk sehingga dapat diproduksi lebih mudah dan lebih ekonomis (Poli, Corado. *Design For Manufacturing*. Butterworth Heinemann). Corado Poli dalam bukunya memberikan *Qualitative DFM Guideline* untuk cetakan injeksi, cetakan kompresi dan cetakan transfer, yaitu :

- a. Dalam mendesain produk yang dibuat dengan cetakan injeksi, cetakan kompresi dan cetakan transfer, desainer harus menentukan arah bukaan cetakan dan permukaan *parting* berdasarkan produk.
- b. Untuk memudahkan proses manufaktur, produk harus mudah dikeluarkan dari *cetakan* karena akan lebih murah apabila tanpa menggunakan alat bantu.

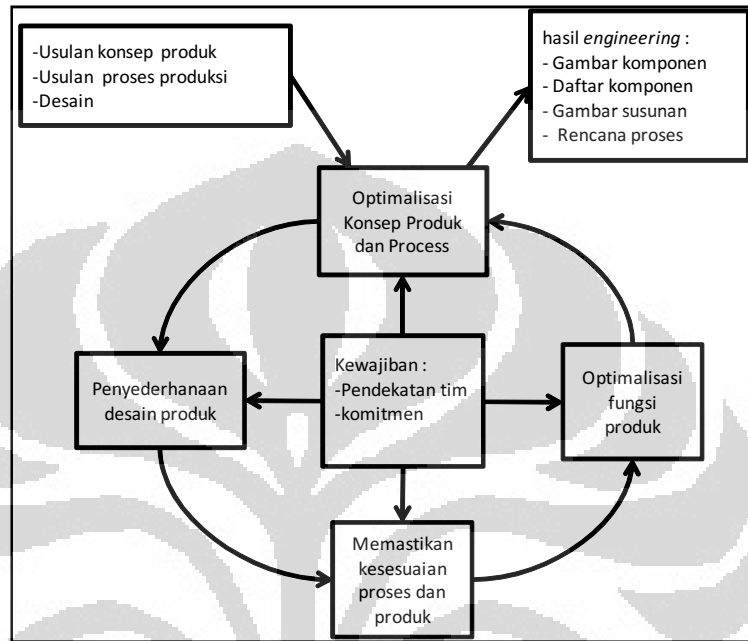
- c. Karena material resin atau metal mengalir dalam *cavity*, maka bentukan produk sangat dianjurkan untuk mulus atau mudah dialiri material dengan aliran yang rendah resistansi. Sebagai contoh, sudut runcing dan perubahan ketebalan dinding produk berbeda yang berdekatan harus dihindari karena kedua hal tersebut menyebabkan masalah pada aliran material.
- d. Ketebalan dinding yang besar akan memperlambat proses pendinginan cetakan, karena itu produk dengan ketebalan dinding yang kecil akan lebih murah untuk diproduksi.
- e. Dalam mendesain produk harus memiliki ketebalan dinding sama / mendekati sama karena apabila terdapat 2 ketebalan product yang berbeda akan menyebabkan kesulitan pengontrolan *stressing* dan *wrapping*. Dan semakin tebal produk akan memakan waktu pemadatan dan *cycle time* lebih lama.
- f. Untuk produk yang besar dan kompleks dapat menggunakan 2 gate atau lebih untuk memudahkan aliran material. Akan tetapi akan terbentuk garis pertemuan antara aliran yang melalui gate berbeda. Karenanya, desainer yang akan menggunakan *multiple gate* harus berdiskusi dahulu dengan ahli manufaktur tentang desain sehingga lokasi garis pertemuan dapat dikontrol untuk menjaga tampilan produk dan fungsi produk.

DFM yang di definisikan oleh Stoll (1990) dalam simposium internasional T,C.Kuo , Hong-Chao Zhang. “Design for Manufacturability and design for “X” : Concepts, Applications, and perspective.” *International Electronic Manufacturing Technology Symposium,1995*. adalah melingkupi seluruh aturan kerja, teknik, praktek, dan sikap yang menghasilkan produk di desain untuk biaya manufacturing yang optimum, menghasilkan kualitas optimum, *life cycle* optimum, serta *service ability*, *reliability*, dan *recyclability*.

Sasaran pendekatan DFM ada 3 yaitu :

1. Mengidentifikasi konsep produk sehingga mudah diproduksi.
2. Fokus kepada desain komponen sehingga mudah untuk diproses dan dirakit
3. Menggabungkan desain proses produksi dan desain produk untuk menjamin kecocokan yang terbaik dari kebutuhan dan persyaratan.

Aplikasi dari DFM tidak selalu mudah, mengutip *guideline* DFM yang digambarkan secara sistematis tentang praktek desain yang baik oleh Stoll (1990) pada gambar 2.



Gambar 2.9 Optimalisasi proses dan produk berkelanjutan (Stoll 1990)

Kesimpulan hasil penelitian metodologi DFM oleh Stoll adalah :

1. Rancanglah dengan jumlah komponen yang minimum
2. Kembangkan *modular design*, yaitu rancangan yang bersifat standar sehingga dapat menggunakan satu komponen yang sama.
3. Meminimalkan variasi komponen
4. Mendesain komponen menjadi multifungsi
5. Mendesain komponen menjadi serbaguna
6. Mendesain komponen untuk kemudahan pembuatan
7. Menghindari komponen terpisah yang harus di ikat
8. Meminimalkan kesalahan perakitan
9. Memaksimalkan *compliance*
10. Meminimalkan *handling*
11. Mengevaluasi metoda perakitan

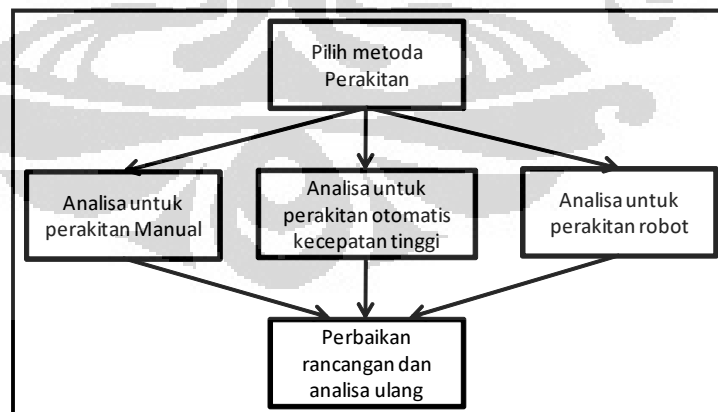
12. Mengeliminasi atau Menyederhanakan Pengaturan
13. Menghindari komponen fleksibel (mudah berubah bentuk)

2.6 Design For Assembly (DFA)

70-80% biaya manufacturing suatu produk ditentukan pada fase perancangan. Rancangan yang rasional untuk kemudahan perakitan dengan biaya yang murah adalah metoda yang paling tepat untuk perakitan. Karena itu seorang perancang harus fokus terhadap kemudahan dan biaya perakitan dari suatu rancangan.

Design For Assembly (DFA) adalah pendekatan untuk mengurangi biaya produksi, waktu perakitan dan kemudahan perakitan dengan menyederhanakan produk dan proses (Boothroyd 1994). Metoda DFA pertama kali dipopulerkan oleh Boothroyd dan Dewurst dengan meluncurkan program *software* untuk menganalisa DFA.

DFA dibutuhkan untuk analisa secara efektif tentang kemudahan perakitan dari suatu produk atau sub perakitan. Pada gambar 2.9 digambarkan metoda DFA menurut Boothroyd dan Dewurst. Berdasarkan gambar 2.9 tersebut terdapat 3 macam perakitan yaitu perakitan manual, perakitan otomatis kecepatan tinggi dan juga perakitan menggunakan robot. Setelah memilih metoda perakitan, selanjutnya metoda perakitan tersebut diperbaiki dengan DFA dan kemudian dilakukan analisa ulang.



Gambar 2.10 Metoda DFA (Boothroyd 1994)

Metoda DFA secara detail didapatkan dari buku *Design For Manufacturing/Assembly (DFM,DFA,DFMA)* halaman 11. langkah-langkah

penerapan metoda DFA adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi jumlah dan tipe komponen

Cara mengurangi jumlah komponen dan tipe komponen yaitu :

- Periksa fungsi setiap komponen
- Hilangkan sistem pengikat apabila memungkinkan
- Rancanglah komponen multi fungsi dari penggunaan maksimum
- Hilangkan fitur produk yang tidak bernilai untuk *costumer*
- Tidak berlebihan menggunakan *guideline* untuk menyederhanakan komponen pada awal design, hal itu memang membuat komponen menjadi lebih sederhana namun menambah jumlah komponen. Sebagai contoh pada gambar 2.11, desain komponen tunggal berpotensi membuang material lebih banyak karena hasil potongannya, namun biaya perakitan untuk desain kedua lebih mahal.

Dengan mengaplikasikan langkah-langkah mengurangi komponen akan memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut :

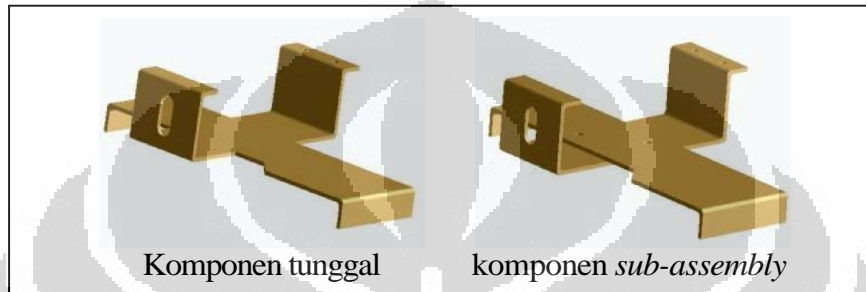
- Menekan biaya material
- Mengurangi biaya *jig/fixtures*
- Meningkatkan kualitas
- Mengurangi Dokumentasi
- Mengurangi inventori
- Mengurangi supplier
- Menyederhanakan kontrol produksi
- Mengurangi inspeksi
- Mengurangi *Rework* (pengulangan proses produksi)

2. Menghilangkan *setting* komponen (*adjustment*)

Ketika *setting* komponen dalam proses perakitan, diperlukan pengambilan keputusan sehingga dapat terjadi kesalahan saat digunakan konsumen. Beberapa cara menghilangkannya :

- Mengeliminasi jumlah komponen
- Mengganti alat koreksi elektrik dengan cara mekanik
- Gunakan analisis kinematik bukan firasat.

Untuk contoh gambar rancangan geometri untuk kemudahan setting dapat dilihat pada gambar 2.12 dimana bentuk geometri komponen dapat sangat membantu untuk setting dalam proses manufaktur ataupun proses perakitan.



Gambar 2.11 Mengurangi jumlah dan tipe komponen

3. Rancanglah Komponen yang dapat *Self Locating* dan *Aligning*

Merancang komponen yang dapat *self locating* yaitu menempatkan posisi secara otomatis dan *aligning* (kesejararan) dapat mempermudah proses perakitan, proses *breakdown*, dan juga dapat menekan biaya produksi karena tidak memerlukan operasi tambahan.

4. Pertimbangkan akses dan visibilitas untuk setiap komponen

- Pastikan kelonggaran yang cukup untuk tangan, alat kerja dan tester pada produk.
- Pastikan para pekerja assembly memahami dengan jelas fitur pemasangan pada produk.

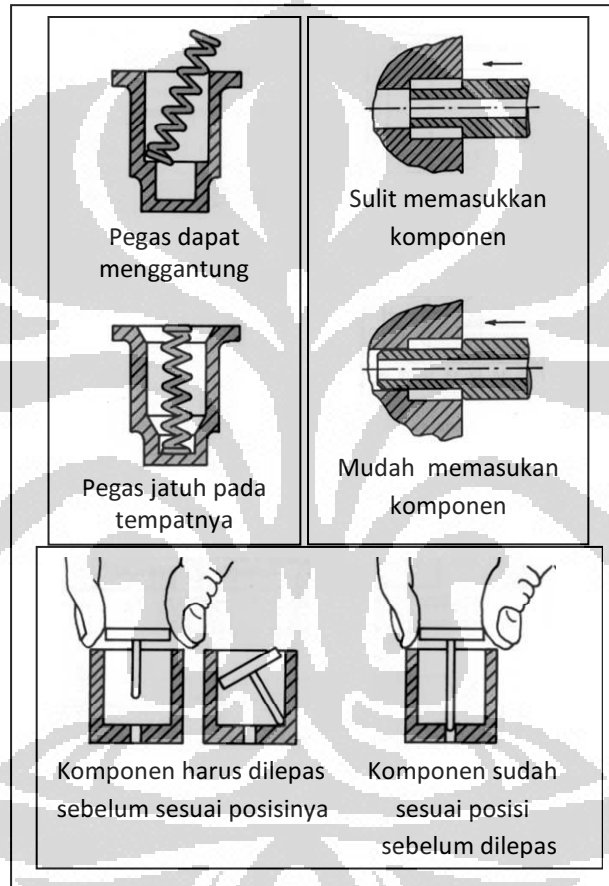
5. Pertimbangkan *handling*/pemindahan komponen berjumlah banyak.

Memang mudah untuk memindahkan komponen tunggal, namun akan menjadi masalah ketika jumlahnya banyak. Berikut beberapa cara untuk memindahkan komponen yang berjumlah besar :

- Tambahkan *taper* pengunci pada komponen yang berpasangan.
- Hindari penggunaan komponen yang tajam atau rapuh, kecuali diperlukan secara fungsional dan juga tambahkan fitur keamanan

ketika memindahkan.

- Hindari penggunaan komponen yang mudah berubah bentuk, namun apabila dibutuhkan tersebut tambahkan fitur keamanan ketika memindahkan.
- Hindari penggunaan komponen yang memerlukan alat khusus pada saat perakitan.



Gambar 2.12 Contoh Desain untuk Kemudahan Setting

6. Rancanglah komponen yang tidak akan salah ketika pemasangan atau perakitan.

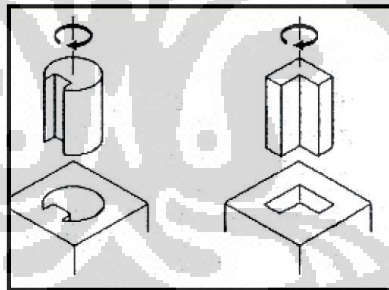
Komponen yang tidak akan salah ketika pemasangan atau perakitan contohnya yaitu *Styrofoam packing* untuk TV/stereo. Berikut panduan untuk perancangannya :

- Berikan bentuk yang tidak akan menyebabkan kesalahan ketika

perakitan.

- Buatlah fitur pemasangan yang tidak simetris
 - Buatlah komponen dengan bentuk simetris sehingga arah pemasangan menjadi tidak penting.
 - Apabila ada kemungkinan 2 komponen dapat terpasang salah, maka pastikan komponen berikutnya tidak akan terpasang salah.
 - Apabila semua komponen terlihat sama dan dapat terpasang salah, maka berilah tanda untuk kemudahan identifikasi.
 - Kurangi penggunaan komponen fleksibel yang sering terpasang salah.
7. Rancanglah komponen yang tidak akan menyebabkan operator melakukan *repositioning* / mengganti posisi ketika perakitan.

Merancang komponen yang tidak menyebabkan *repositioning* / mengganti posisi part ketika perakitan adalah penting karena hal tersebut menimbulkan kegiatan yang tidak bernilai tambah dan termasuk ke dalam *waste*. Salah satu caranya adalah mendesain produk dengan satu axis pemasangan. Sebagai contoh :



Gambar 2.13 Contoh perakitan dengan bentuk asimetris dan orientasi pemasangan

8. Memaksimalkan komponen berbentuk simetri atau memberi penekanan pada bentuk asimetri.
- Dengan bentuk part simetris maka tenaga dan waktu untuk orientasi pemasangan menjadi lebih kecil. Contoh : kunci.
 - Apabila komponen tidak dapat dibuat simetris maka penekanan pada bentuk asimetri dapat memungkinkan kita mempercepat orientasi yang benar.

Dalam melakukan analisa produk yang diproses perakitan manual ,

dibawah ini beberapa cara analisa menurut Boothroyd dan Dewhurst masih dalam buku *Design For Manufacturing/Assembly (DFM, DFA, DFMA)* halaman 11 :

1. Kumpulkan data lengkap mengenai produk atau susunan, yaitu : Gambar teknik, Gambar proyeksi 3D, produk yang sudah ada (untuk design ulang), *prototype*.
2. Membayangkan bagaimana caranya dalam proses perakitan untuk membongkar pasang produk, jika untuk mendaur ulang maka lakukan dengan komponen aktual.
3. Buatlah tabel dengan kolom yang diisi dengan nama komponen, jumlah komponen, jumlah komponen secara teoritis, waktu pemindahan, waktu pemasangan, waktu perakitan dan biaya perakitan.
4. Memulai perakitan dan rakit ulang produk, kemudian isi kolom dalam tabel.
5. Setelah semua kolom terisi maka jumlahkan waktu perakitan sehingga didapat waktu perakitan total begitu juga dengan estimasi biaya perakitan, dan jumlah part secara teori.
6. Hitunglah efisiensi desain dengan rumus $EM = 3 \times NM / TM$. Dimana NM : jumlah part minimum secara teoritis dan TM adalah waktu estimasi perakitan produk sebenarnya.

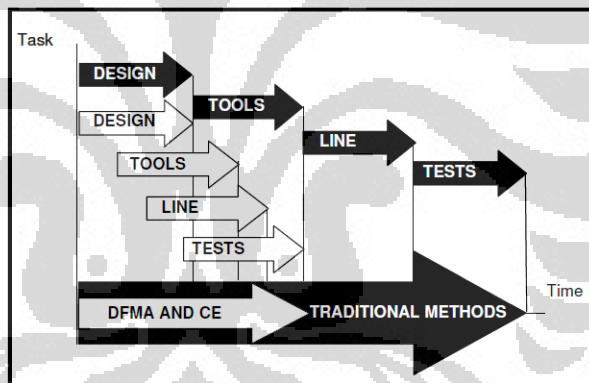
Tabel 2.2 Tabel analisa perakitan secara manual

c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	Name of Assembly
Part ID	No of times the operation is carried out	Manual handling code	Manual handling	Manual insertion code	Manual insertion time per	Operation time $c2(c4+$	Operation cost $0.4 \cdot c7$	Estimation for theoretical minimum parts	
Total:									Design efficiency $v = 3$
						TM	CM	NM	

2.7 Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)

Pada makalah Kovalchuk, João Pedro Buiarskey & Junior, Osiris Canciglieri (2006) *DFMA Application on The Development of Parts for The White Goods Industry-A Case Study* yang di presentasikan pada Third international conference on production research-Americas region 2006 (ICPR-AM06), terdapat perbandingan antara proses manufaktur yang menggunakan metoda DFMA dengan metoda proses manufaktur tradisional.

Pada metoda tradisional, fase desain dan fase berikutnya terjadi terpisah secara waktu. Desainer, teknisi manufaktur dan teknisi perakitan bekerja secara individual, hal inilah yang menyebabkan banyak masalah pada produk seperti proses pembuatan, perakitan, dan pemeliharaan yang buruk, lamanya periode pengembangan, biaya tinggi dan kualitas yang buruk (Xie,Xiaofan. *Design for Manufacture and assembly*. Dept.of Mechanical Engineering, University of Utah) .



Gambar 2.14 Perbandingan waktu antara metode DFMA dan Tradisional

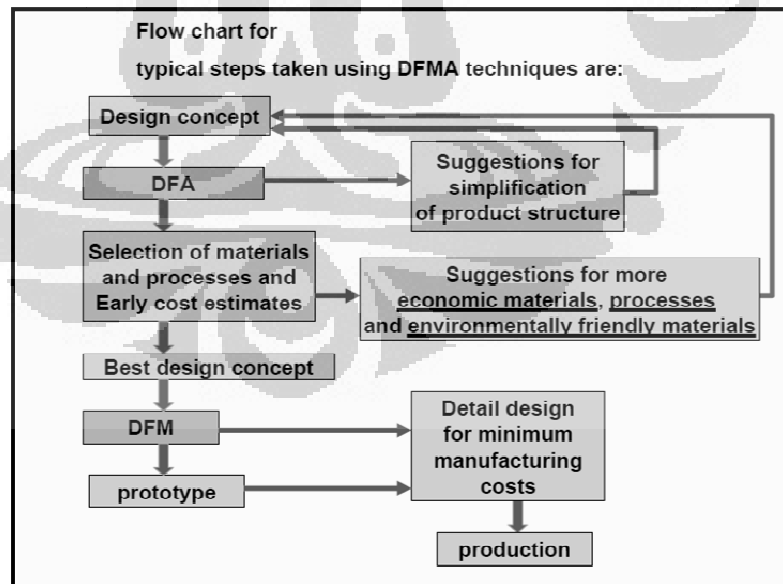
Mengutip Ferreira dan Toledo (2002) pada makalah ini mengatakan bahwa DFMA sebenarnya adalah “ Mendengar suara dari *line* produksi”, kemudian Buss (2001) mengatakan bahwa DFMA adalah membawa pertimbangan yang berhubungan dengan perakitan dan manufaktur ke atas meja design. DFMA itu sendiri adalah kombinasi antara DFM dan DFA, konsepnya yaitu *teknis* mengaplikasikan DFMA untuk menganalisa permasalahan proses produksi dan perakitan pada tahap awal perancangan.

Tiga target dari DFMA adalah :

1. Meningkatkan kualitas produk mulai dari periode pengembangan produk termasuk desain, manufaktur, teknologi, dll.
2. Mengurangi biaya, termasuk biaya desain, teknologi, manufaktur, pengiriman, dll.
3. Mempersingkat waktu termasuk waktu desain, persiapan proses, waktu proses, dan perhitungan yang berulang-ulang.

Menurut Boothroy (2001), DFMA mempunyai 2 pengertian yaitu desain yang mempertimbangkan kemudahan dalam manufaktur (DFM) dan juga desain yang mempertimbangkan kemudahan dalam proses perakitan (DFA). DFMA digunakan untuk 3 aktifitas pokok yaitu :

1. Sebagai basis studi *Concurrent Engineering* untuk menyediakan petunjuk kepada tim desain dalam menyederhanakan produk, mengurangi biaya manufaktur dan perakitan, dan untuk mengukur perbaikan (*improvement*).
2. Sebagai alat pembandingan untuk mempelajari produk pesaing dan mengukur kesulitan dalam manufaktur dan perakitan.
3. Sebagai acuan harga untuk membantu bernegosiasi dengan vendor



Gambar.2.15 Diagram aliran proses DFMA

Aliran proses DFMA diawali dengan konsep desain, setelah mempunyai

konsep desain kemudian melakukan analisa DFA yang mempelajari penyederhanaan struktur produk. Selanjutnya, analisa DFM untuk memperkirakan harga yang diperoleh baik desain awal atau desain baru untuk membuat keputusan harga. Selama proses ini, material dan proses yang terbaik digunakan untuk berbagai jenis komponen yang telah ditentukan. Ketika seleksi terakhir terhadap material dan proses telah ditentukan, selanjutnya analisa yang lebih mendalam melalui proses DFM dapat dilakukan untuk detail desain komponen.

Keunggulan dari aplikasi metoda DFMA yaitu :

1. DFMA menyediakan sistematis prosedur untuk analisa desain melalui sudut pandang proses manufaktur dan proses perakitan. Hasilnya menjadi lebih simple dan produk menjadi lebih handal sehingga lebih mudah untuk diproses dan dirakit.
2. Setiap pengurangan jumlah komponen dalam proses perakitan menimbulkan efek bola salju dalam mengurangi biaya dan waktu karena beberapa gambar dan spesifikasi menjadi tidak dibutuhkan.
3. Dialog yang terjadi antara desainer dan tenisi manufaktur menjadi sikap positif yang dibutuhkan untuk *concurrent engineering* dalam tim.

2.8. Quality Function Deployment (QFD)

2.8.1 Pengertian Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD), ialah suatu metode untuk mengembangkan suatu desain kualitas dengan tujuan memenuhi dan memuaskan konsumen (Ibrahim, 1997: 143). *Quality Function Deployment* (QFD) adalah metode perencanaan dan pengembangan secara terstruktur yang memungkinkan tim pengembangan mendefinisikan secara jelas kebutuhan dan harapan pelanggan, dan mengevaluasi kemampuan produk atau jasa secara sistematis untuk memenuhi kebutuhan dan harapan tersebut (Wahyu, 1999: 88)

2.8.2 Manfaat QFD

Ada tiga manfaat utama yang diperoleh perusahaan bila menggunakan metode *QFD* yaitu:

1. Mengurangi biaya

Hal ini dapat terjadi karena perbaikan yang dilakukan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan, sehingga tidak ada pengulangan pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan pelanggan.

2. Meningkatkan pendapatan

Dengan pengurangan biaya, untuk hasil yang kita terima akan lebih meningkat. Dengan *QFD* produk atau jasa yang dihasilkan akan lebih dapat memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan

3. Pengurangan waktu produksi

QFD adalah kunci penting dalam pengurangan biaya produksi. *QFD* akan membuat tim pengembangan produk atau jasa untuk membuat keputusan awal dalam proses pengembangan (Wahyu, 1999 : 89).

Manfaat lain yang diperoleh dari penerapan *QFD* ini juga meliputi(Wahyu, 1999 : 39):

1. Fokus pada pelanggan (*Customer focused*)

Yaitu mendapatkan *input* dan umpan balik dari pelanggan mengenai kebutuhan dan harapan pelanggan. Hal ini penting, karena performansi suatu organisasi tidak bisa lepas dari pelanggan.

2. Effisien waktu (*Time Efficient*)

Dengan menerapkan *QFD* maka program pengembangan akan memfokuskan pada harapan dan kebutuhan pelanggan.

3. Orientasi kerjasama (*Cooperations Oriented*)

QFD menggunakan pendekatan yang berorientasi pada kelompok. Semua keputusan didasarkan pada konsensus dan keterlibatan semua orang dalam diskusi dan pengambilan keputusan.

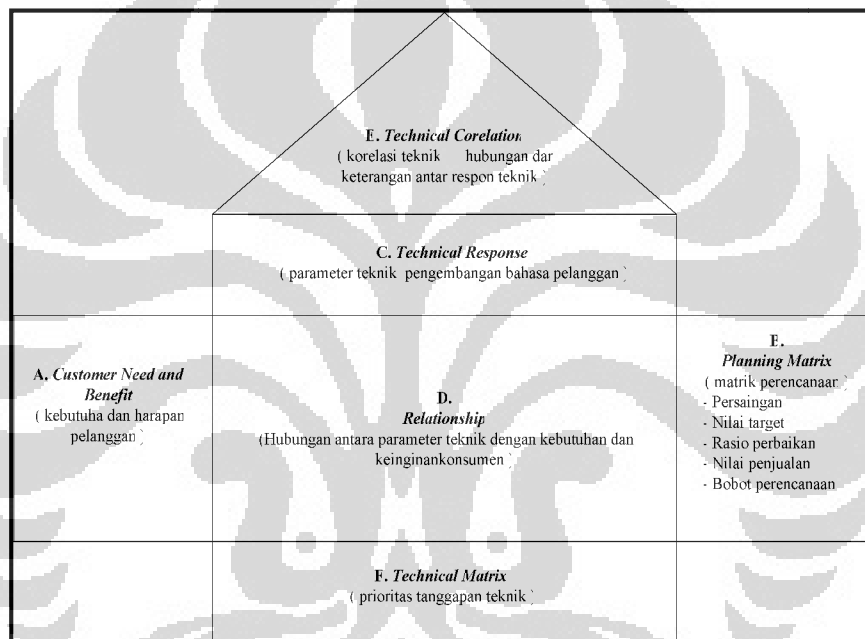
4. Orientasi pada dokumentasi (*Documentation Oriented*)

QFD menggunakan data dan dokumentasi yang berisi proses mendapatkan seluruh kebutuhan dan harapan pelanggan. Data dan dokumentasi ini digunakan sebagai informasi mengenai kebutuhan dan harapan pelanggan

yang selalu diperbaiki dari waktu ke waktu.

2.8.3 House Of Quality

Proses didalam *QFD* dilaksanakan dengan menyusun satu atau lebih matrik yang disebut *House of Quality*. Matrik ini menjelaskan apa yang menjadi kebutuhan dan harapan pelanggan dan bagaimana memenuhinya. Matrik ini terdiri dari beberapa bagian atau submatrik yang tergabung dalam beberapa cara, yang masing-masing berisi informasi yang saling berhubungan. Adapun matrik yang disebut *House of Quality* dapat dilihat pada gambar 2.16 berikut



Gambar. 2.16 *House of Quality*

Keterangan tiap bagiannya adalah sebagai berikut (Cohen, 1999; 68):

a. Bagian A

Berisi daftar semua kebutuhan dan harapan pelanggan yang biasanya ditentukan dengan riset pasar secara kualitatif. Cara untuk mengetahui kebutuhan dan harapan pelanggan antar lain:

1. Mengadakan wawancara secara langsung dengan pelanggan untuk mengetahui keinginan mereka.

2. Menyebarkan angket atau kuisioner kepada pelanggan mengenai kebutuhan dan harapan pelanggan terhadap produk atau layanan yang diberikan organisasi atau perusahaan kepada pelanggan.
3. Menerima saran dan keluhan dari pelanggan.
4. Mengadakan pengujian terhadap pelanggan potensial, yaitu dengan memberikan kepada merek baru, kemudian meminta tanggapan mereka terhadap produk tersebut.

b. Bagian B

Bagian ini berisi berbagai macam informasi. Pertama, data pasar dari atribut pada bagian A yang bersifat kualitatif perlu diketahui derajat kepentingannya bagi konsumen pada setiap atribut produk yang signifikan. Kedua, perusahaan perlu mengadakan evaluasi terhadap kinerja produk yang dihasilkan instansi dengan kinerja produk yang dihasilkan pesaingnya.

Ketiga, instansi perlu menetapkan tujuan strategis untuk produk baru. Setiap atribut produk perlu ditetapkan nilai target sesuai dengan kemampuan dari sumber daya (manusia, produksi, keuangan, penelitian dan pengembangan, dan lain-lain) yang dimiliki instansi. Keempat, dengan mengetahui besarnya nilai target dan kinerja dari atribut produk ataupun pelayanan dari suatu perusahaan atau instansi, maka dapat diukur besarnya rasio perbaikan (*improvement*). Rasio perbaikan ini diukur dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rasio Perbaikan} = \frac{\text{Nilai Target}}{\text{Kinerja Produk}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Sebelum menghitung bobot dari setiap atribut, perlu dipahami terlebih dahulu apa yang disebut *sales point*. *Sales point* adalah persepsi atau pendapat tentang suatu produk atau jasa dari pihak manajemen. Dan nilai atau bobot yang sering dipakai pada ketetapan *sales point* dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Sales Point

Nilai	Keterangan
1	Tidak terdapat penilaian
1,2	Titik penjualan tengah atau sedang
1,5	Titik penjualan tinggi

Sikap atau tanggapan baik terhadap kebutuhan konsumen bisa dijadikan hal untuk mempermudah dalam menjual produk atau jasa. Kelima, perusahaan perlu menetapkan bobot (*weight*) dari setiap atribut produk. Bobot ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bobot} = \text{Derajat Kepentingan} \times \text{Rasio Perbaikan} \times \text{Sales Point} \dots \dots (2.2)$$

Normalisasi bobot dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Normalisasi bobot} = \frac{\text{Bobot}}{\text{Total Bobot}}$$

c. Bagian C

Merupakan parameter teknik yang memberikan gambaran bagaimana cara tim pengembangan produk/jasa pelayanan dalam merespon kebutuhan dan keinginan konsumen. Suara konsumen yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif harus diterjemahkan kedalam suara pengembang (*voice of the developer*).

d. Bagian D

Bagian ini menunjukkan hubungan antara parameter teknik dengan kebutuhan dan keinginan konsumen yang telah dimodelkan dalam *QFD*. Hubungan tersebut merupakan dari tim pengembangan yang dapat bersifat kuat, moderat, dan lemah dan tidak ada hubungannya. Hubungan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Simbol dan Nilai Matrik Interaksi

Hubungan	Simbol	Nilai
Tidak ada hubungan		0
Lemah	A	1
Moderat	O	3
Kuat	O	9

Untuk memperoleh informasi yang bersifat kuantitatif, maka nilai yang merupakan representasi hubungan diatas perlu dikalikan dengan normalisasi bobot.

e. Bagian E

QFD merupakan kunci untuk menuju *concuren engineering*, karena disini ada fasilitas untuk mengkomunikasikan satu sama lain dari bagian parameter teknik. Bagian ini akan memetakan hubungan dan saling ketergantungan diantara parameter teknik. Interaksi diantara parameter teknik dapat dilihat pada tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Simbol Interaksi Parameter Teknik

Simbol	Pengaruh Hubungan
VV	Korelasi positif kuat (sangat saling
V	Korelasi positif (saling mendukung).
X	Korelasi negatif (tidak saling mendukung).
XX	Korelasi negatif kuat (sangat tidak
<blank>	Tidak ada hubungan.

f. Bagian F

Bagian ini berisi berbagai macam informasi. Pertama, menghitung besarnya pengaruh atau keterkaitan dari *technical response* serta kebutuhan dan keinginan konsumen. Kedua, perbandingan antara produk yang dihasilkan instansi maupun perusahaan dan pelayanan atau produk yang dihasilkan pesaing. Ketiga, dari adanya perbandingan diatas maka instansi atau perusahaan dapat menetapkan sasaran kinerja (nilai target) secara teknis yang akan dicapai instansi atau perusahaan. Penetapan target ini akan disesuaikan dengan sumber daya yang dimiliki instansi atau perusahaan.

1. Fase penyusunan rumah kualitas (*House Of Quality*)

Langkah-langkah dalam pembuatan rumah kualitas meliputi:

- Pembuatan Matrik Kebutuhan Konsumen, tahap ini meliputi:
 - a. Menentukan konsumen
 - b. Mengumpulkan data keinginan dan kebutuhan konsumen
- Pembuatan Matrik Perencanaan, tahap ini meliputi:
 - a. Mengukur kebutuhan konsumen
 - b. Menentukan kebutuhan performasi konsumen

Beberapa kolom dalam matrik perencanaan:

a. Importance to Customer

Tempat untuk menyatakan seberapa penting tiap kebutuhan bagi konsumen.

b. Relative Importance

Merefleksikan suatu kebutuhan beberapa kali lebih penting dibandingkan dengan kebutuhan lainnya bagi konsumen.

c. Ordinal Importance

Tingkat kepentingan ini meminta responden untuk mengurutkan data, sehingga keputusan akan lebih konsisten.

d. Customer Satisfaction Performance

Merupakan persepsi konsumen terhadap seberapa baik produk yang ada saat ini dalam memuaskan konsumen.

e. Competitive Satisfaction Performance

Merupakan persepsi konsumen terhadap seberapa baik produk pesaing dapat memuaskan konsumen.

f. Goal and Improvement Ratio

Dibuat untuk memutuskan level dari *customer performance* yang ingin dicapai dalam memenuhi kebutuhan konsumen.

g. Sales Point

Berisi informasi tentang kemampuan dalam menjual produk atau jasa, didasarkan pada seberapa baik tiap kebutuhan konsumen dapat dipenuhi.

h. Row Weight

Memodelkan kepentingan keseluruhan bagi tim dari tiap *customer need*, *improvement ratio*, dan *sales point*.

2. Pembuatan Respon Teknis

Tahap ini merupakan tahap pemunculan karakteristik kualitas pengganti (*Substitute Quality Characteristic*). Pada tahap ini dilakukan transformasi dari kebutuhan yang bersifat non teknis menjadi data yang bersifat teknis guna memenuhi kebutuhankebutuhan konsumen.

3. Menentukan Hubungan Respon Teknis dengan Kebutuhan Konsumen.

Tahap ini menentukan seberapa kuat hubungan antara respon teknis dengan kebutuhan konsumen. Hubungan antara keduanya bisa berupa hubungan yang sangat kuat, sedang, lemah.

4. Korelasi teknis

Tahap ini menggambarkan hubungan dan ketergantungan antar respon teknis. Sehingga dapat dilihat apakah suatu respon teknis yang satu mempengaruhi respon teknis yang lain.

5. *Benchmarking* dan Penetapan Target

Tahap ini dilakukan analisa perbandingan bagi pesaing dengan perusahaan. Sehingga dapat diketahui tingkat persaingan yang terjadi.

6. *Fase* Analisa dan Interpretasi

Merupakan analisa dari tahap-tahap diatas.

BAB III

PENGUMPULAN DATA

Pada bab ini akan diuraikan pengumpulan data yang diambil pada PT.X yang berada di Jl. Raya Bogor Km 32,5 Desa Curug, Cimanggis, Depok dengan waktu pengumpulan data pada bulan April 2011 sampai dengan bulan Agustus 2011.

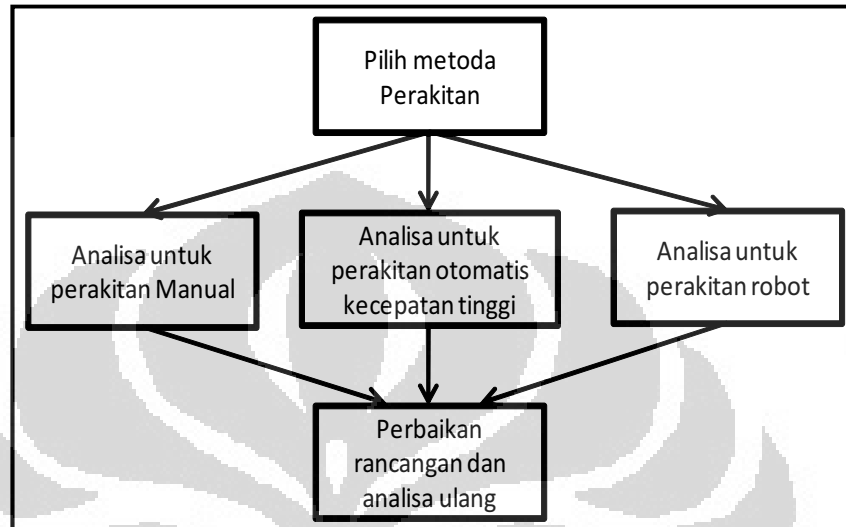
Berdasarkan data pada tanggal 18 Maret 2011 PT.X mendapatkan pesanan pembuatan cetakan Terminal Cap dengan 4 *cavity* yaitu dapat menghasilkan 4 produk dengan 1 kali proses produksi injeksi. Percobaan pertama dilakukan 12 minggu kemudian setelah gambar yang disetujui diterima.

Dengan permasalahan yang ada yaitu : produk yang dihasilkan pada trial pertama mengalami cacat *flashing*, cetakan tidak dapat menutup sehingga produk *Terminal Cap* sulit terbentuk, masalah berikutnya yaitu operator kesulitan mengambil 2 produk dari 4 produk karena jaraknya yang terlalu dekat, dan pada proses pembuatan cetakan tersebut terjadi sulitnya setting dan proses pembuatan komponen insert. Untuk penyelesaian masalah diawali dengan analisa *House Of Quality* untuk menentukan prioritas permintaan pelanggan sehingga kita dapat menentukan kualifikasi yang utama sehingga kepentingan-kepentingan dapat terpenuhi tanpa hanya mempertimbangkan waktu yang lebih cepat ataupun biaya material yang bertambah karena dengan HOQ kita telah mendapatkan kualifikasi yang diminta pelanggan yang paling utama.

Setelah mendapatkan prioritas permintaan pelanggan maka langkah selanjutnya yaitu analisa rancangan menggunakan pendekatan metode DFA dengan aliran proses diawali dengan konsep desain. Karena rancangan sebelumnya telah ada maka dibuat konsep rancangan baru dengan analisa rancangan lama terlebih dahulu, maka dibutuhkan data produk dan data rancangan awal. Pada bab ini konsep rancangan awal akan dibuat berdasarkan pengolahan data rancangan lama yang disesuaikan dengan metode DFA.

Data yang diperlukan untuk analisa tidak hanya data rancangan lama tetapi juga data proses. Dalam pembuatan cetakan secara umum terbagi 2 proses yaitu proses manufaktur dan proses perakitan. Proses perakitan yang dilakukan masih

secara manual sesuai dengan metode DFA yang di kemukakan oleh boothroyd (1994) bahwa langkah pertama adalah menentukan metode perakitan, sebagaimana yang dijelaskan pada gambar 3.1 berikut

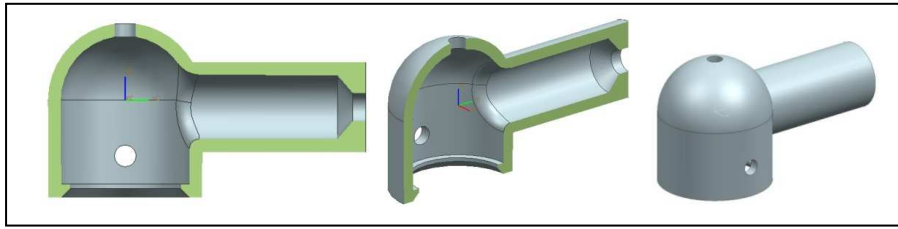


Gambar 3.1. Metode DFA

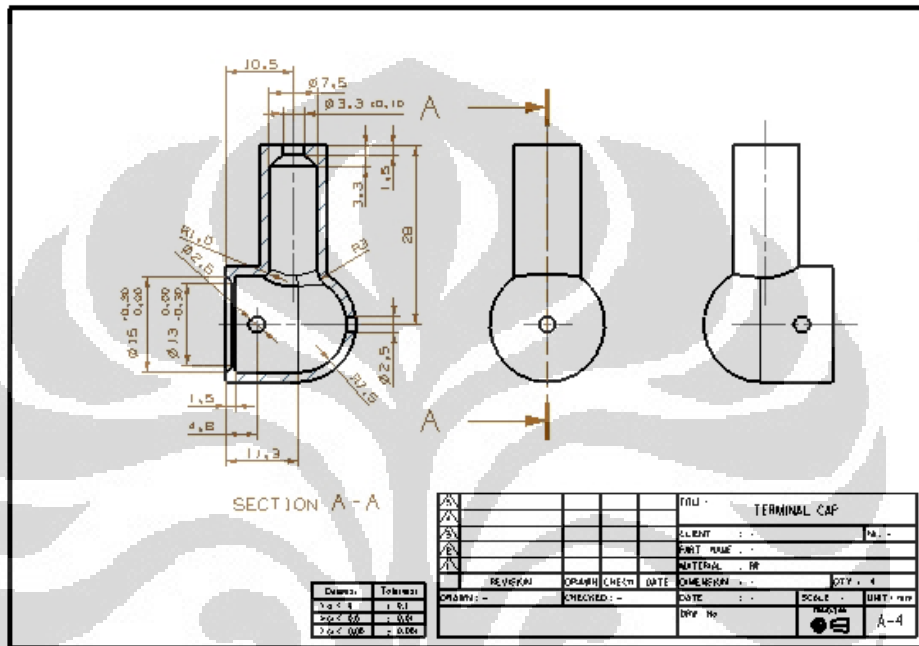
3.1. Data produk

Pada saat pemesanan produk *Cap Terminal* pihak konsumen tidak menjelaskan fungsi produk secara detail. Yang diberikan berupa gambar 2D produk, langkah berikutnya adalah membuat bentuk 3D produk berdasarkan data 2D yang diberikan agar perancangan mold dapat selesai sesuai tenggat waktu yang diberikan.

Berdasarkan data gambar yang diberikan bahwa Terminal Cap terbuat dari material *Polyvinyl Chloride soft* (PVC soft) dengan penyusutan plastik (*shrinkage*) sebesar 1-3 % dan material plat yang digunakan untuk core dan cavity menggunakan material 2316 atau setara. Saat perancang memulai merancang dimulai dengan membuat produk menjadi bentuk 3 dimensi dengan acuan gambar 2 dimensi yang diberikan oleh pelanggan. Terjadi perubahan dimensi produk dari 2D menjadi 3D disesuaikan dengan penyusutan material plastik yang digunakan. Kali ini material yang digunakan adalah *Polyvinyl Chloride soft* dengan penyusutan plastik sekitar 1-3% yang berarti plastik akan menyusut menjadi lebih kecil sekitar 1-3% dari ukuran awal, sehingga ketika membuat produk 3D ukuran diperbesar sesuai dengan penyusutan.



Gambar 3.2 Bentuk 3D *Terminal Cap*

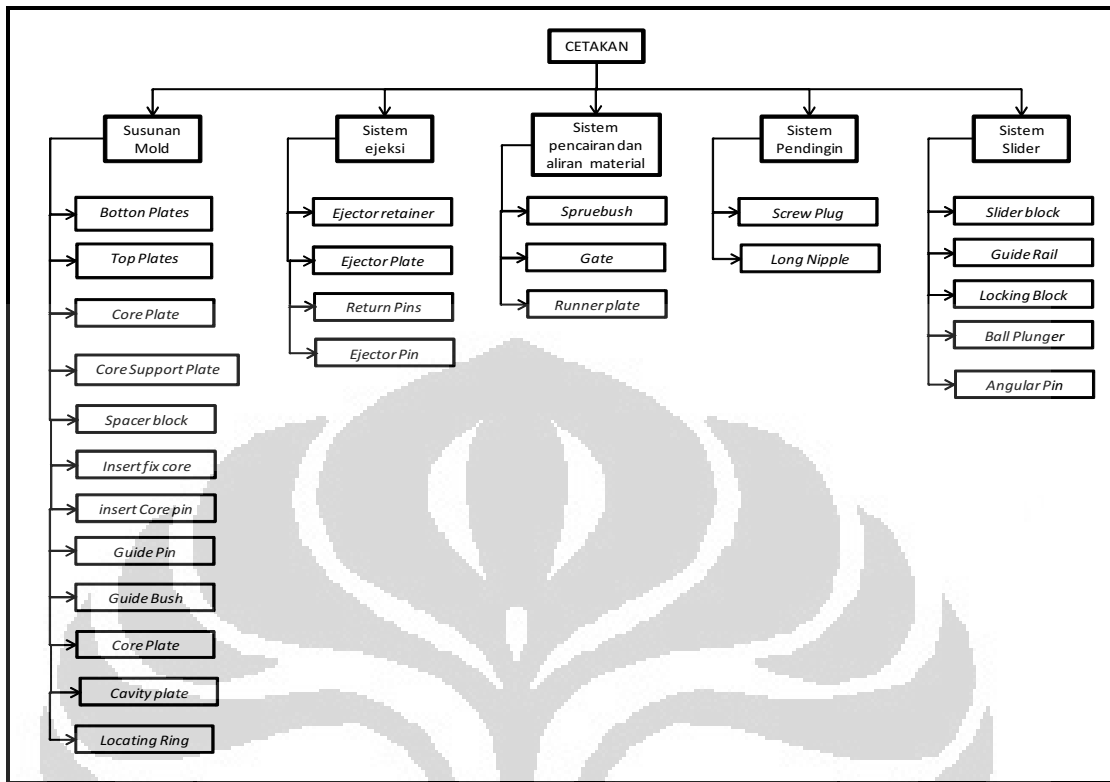


Gambar 3.3 Gambar Produk 2D *Terminal Cap*

Gambar 3.2 dan 3.3 menunjukkan gambar produk, pada bentuk 3D ukuran yang terlihat pada gambar 2D akan lebih besar sesuai dengan penyusutan material plastik.

3.2. Data rancangan cetakan awal

Proses pembuatan mold diawali dengan konsep rancangan, secara hierarki konsep yang dimiliki oleh seorang perancang harus di diskusikan dengan perancang senior. Produksi yang dilakukan bersifat tradisional karena masih didasarkan pada pengalaman dan logika. Namun pada saat proses produksi dan *trial*, proses yang hanya sebatas pengalaman dan logika dapat gagal tanpa analisa yang lebih jauh dan detail. Menentukan komponen cetakan secara bertahap dapat merujuk pada hasil penelitian Stroud, Ahamed, Neelamkavil, dan Ostojic (2004) berikut ini :



Gambar 3.4 Komponen sistem cetakan injeksi

Pada proses konsep rancangan, diawali dengan analisa produk, kemudian menentukan sistem mold yang sesuai untuk di produksi dan menghasilkan produk sesuai spesifikasi. Berdasarkan analisa produk, penggunaan sistem *mold 2 plate* & sistem *slider*. Gambar konsep design dan susunan terlampir.

Pada desain awal terdapat beberapa bagian *mold* yang diproduksi dan dibeli langsung (*part* standar). Komponen tersebut berdasarkan pada tersedia atau tidak nya komponen standar di pasaran. Untuk cavity dan core biasanya jarang tidak ditemukan standar di pasaran karena produk selalu berbeda. Untuk *moldbase* memang telah di standarkan namun waktu pengiriman moldbase standar cukup lama sehingga terdapat beberapa pertimbangan seorang perancang dalam memutuskan apakah komponen tersebut cukup dibuat dengan hanya memesan materialnya saja ataukah dibeli jadi. Komponen-kompnen tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Baik komponen yang dibuat atau dibeli memiliki waktu tunggu kurang lebih 1 minggu. Biasanya hanya untuk inti (core dan cavity) saja pihak konsumen yang menentukan jenis material, jika tidak maka perancang menentukan material core dan

cavity disesuaikan dengan material plastik yang akan diproduksi.

Proses produksi baru dapat dimulai apabila material dan komponen standar telah datang, karena itu pada awal proses perancangan setelah mendapatkan gambar atau contoh produk, seorang perancang lebih mementingkan konsep rancangan atau lebih dikenal dengan sket sistem cetakan sehingga dapat mengetahui ukuran material yang dibutuhkan. Ukuran material yang dibutuhkan berfungsi untuk staff *purchasing* memesan material lebih awal sehingga proses produksi dapat dilakukan lebih awal.

Selama menunggu material datang dari *supplier*, maka selama itu pula perancang melakukan pekerjaannya yaitu membuat cetakan 3 dimensi dengan konsep sesuai sket sistem yang diberikan.

Dengan waktu perancangan yang sangat terbatas inilah menjadi waktu yang kritis untuk seorang perancang. Apabila sket sistem tidak dianalisa lebih lanjut dan juga tidak didiskusikan dengan perancang yang lebih berpengalaman maka sket sistem bisa menjadi salah sedangkan material sudah dipesa. Karena itulah analisa rancangan lebih lanjut menggunakan pendekatan metode yang telah ada sangat diperlukan salah satunya dengan menggunakan metode DFA.

Pendekatan metode DFA tidak hanya dapat diaplikasikan pada proses perakitan saja, akan tetapi pada proses manufakturing atau pemesinan pun metoda ini diperlukan. Pemilihan metoda DFA pun berdasarkan kepada pada analisa DFA tidak dibutuhkan estimasi pengurangan biaya, karena dalam hal ini kualitas lebih diutamakan untuk analisa prioritas pelanggan terhadap produk dan cetakan akan menggunakan analisa *House Of Quality* sebelum analisa DFA. Melalui analisa HOQ tersebut akan diketahui apakah tepat menggunakan pendekatan metoda DFA tanpa memperhitungkan penambahan biaya produksi ataupun biaya material.

Tabel 3.1 berisi informasi komponen yang akan dibuat dan dibeli langsung karena untuk komponen yang akan dibuat maka pemesanan material harus dipesan segera, dan untuk komponen jadi terlebih dahulu cek persediaan barang atau *inventory* gudang.

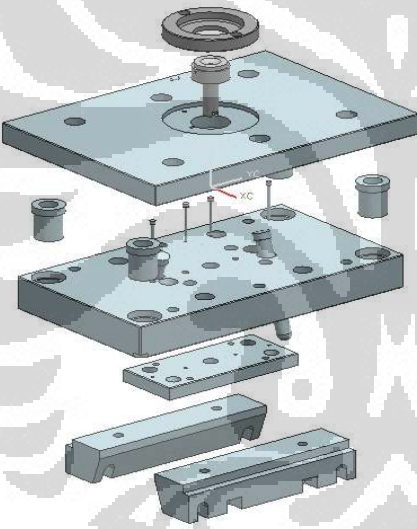
Tabel 3.1 Komponen Cetakan

No	Nama Part	Jml	Ket	Penjelasan Fungsi
1	<i>Top / cavity Plate</i>	1	Dibuat	Plat penahan cetakan bagian atas
2	<i>Bottom / core</i>	1	Dibuat	Plat Penahan cetakan bagian bawah
3	<i>Guide rail</i>	2	Dibuat	Pengarah gerakan <i>slider</i>
4	<i>Locking block</i>	2	Dibuat	Penahan <i>slider</i> dari tekanan mesin atau material
5	<i>Slider block</i>	2	Dibuat	Menggerakkan bagian dalam mold pada waktu <i>opening-closing mold</i>
6	<i>Core plate</i>	1	Dibuat	Plat bergerak yang mencetak material molding
7	<i>Cavity Plate</i>	1	Dibuat	Sebagai tempat pemasangan guide pin&guide bush.
8	<i>Core support</i>	1	Dibuat	<i>Pin</i> berfungsi menahan plat <i>core</i> tidak <i>bending</i>
9	<i>Spacer block</i>	2	Dibuat	Membuat ruang kosong dalam pemasangan instalasi <i>ejection</i>
10	<i>Ejector retainer</i>	1	Dibuat	Plat penahan <i>ejector pin</i> saat cetakan menutup
11	<i>Ejector plate</i>	1	Dibuat	Papan yang menahan dan menggerakkan <i>ejector pin</i> maupun <i>return pin</i> dalam mengeluarkan produk dari mold
12	<i>Sprue bush</i>	1	Dibuat	Lorong jalannya cairan plastik yang diinjeksikan dari <i>nozzle</i>
13	<i>Insert fix core</i>	1	Dibuat	Sebagai pembentuk produk (<i>cavity</i>) bagian dalam
14	<i>Insert core pin</i>	4	Dibuat	Sebagai pembentuk lubang pada produk
15	<i>Runner plate</i>	1	Dibuat	Plat tempat mengalirnya material runner
16	<i>Long Nipple</i>	4	Dibuat	Saluran pendingin untuk mengalirnya air
17	<i>Guide pin</i>	4	Dibeli	Pengarah posisi dan pengarah pertemuan <i>core</i> & <i>cavity</i>
18	<i>Guide Bush</i>	4	Dibeli	Pasangan dari <i>Guide Pin</i> ketika cetakan menutup
19	<i>Return pin</i>	4	Dibeli	Mendorong <i>ejector plate</i> ke belakang dan mengembalikan <i>ejecto</i> pada posisi semula
20	<i>Ejector pin</i>	12	Dibeli	mendorong produk keluar dari cetakan
23	<i>Dowel pin</i>	1	Dibeli	Menahan <i>insert core</i> dengan porosnya agar tidak berputar
24	<i>Angular pin</i>	4	Dibeli	pin miring untuk menggerakkan <i>slider core</i>
25	<i>Unrotation</i>	1	Dibeli	Menahan rotasi <i>spruebush</i>
26	<i>Ball plunger</i>	4	Dibeli	Penahan gerakan horizontal <i>slider block</i>
27	<i>Screw plug</i>	4	Dibeli	Sebagai penahan air pendingin agar tidak bocor
28	<i>Locating Ring</i>	1	Dibeli	Mempertahankan posisi tepat antara <i>nozzle</i> dan <i>sprue bush</i>
29	Baut <i>insert core</i>	12	Dibeli	Mengikat <i>insert core</i> pada <i>plat core</i>
30	Baut <i>insert cavity</i>	4	Dibeli	Mengikat <i>insert cavity</i> pada <i>plat cavity</i>
31	Baut <i>ejector plate</i>	4	Dibeli	Mengikat <i>plat ejektor</i> dengan <i>retainer plate</i>
32	Baut <i>support pillar</i>	2	Dibeli	Mengikat <i>support pillar</i> dengan <i>bottom plate</i>
33	Baut <i>core plate</i>	6	Dibeli	Mengikat <i>bottom plate, spacer block,</i> dan <i>core support plate</i> dan <i>core plate.</i>
34	Baut <i>cavity plate</i>	6	Dibeli	Mengikat <i>top plate</i> dan <i>cavity plate</i>
35	Baut <i>stopper</i>	4	Dibeli	Memastikan menghentikan gerakan <i>slider block</i> walaupun <i>ball plunger</i> memiliki fungsi yang sama
36	Baut <i>locking block</i>	4	Dibeli	Mengikat <i>locking block</i> pada <i>top plate</i>
37	Baut <i>locating ring</i>	2	Dibeli	Mengikat <i>locating ring</i> pada <i>top plate</i>

3.3. Data proses perakitan / assembly

Pada dasarnya proses perakitan cetakan terbagi 2 yaitu perakitan *moving side* dan *fix side*. Pada proses perakitan komponen juga dapat terbagi menjadi beberapa *sub assy* tergantung tingkat kerumitan cetakan. Seperti pada cetakan *Terminal Cap*, proses perakitan terbagi menjadi beberapa *sub assy* untuk lebih memudahkan proses assembly tersebut. Untuk mendapatkan konsep rancangan baru, analisa rancangan sebelumnya menggunakan DFA harus dilakukan. Hasil pengumpulan data waktu proses assembly dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 3.2 Proses Perakitan Cetakan *Terminal Cap*


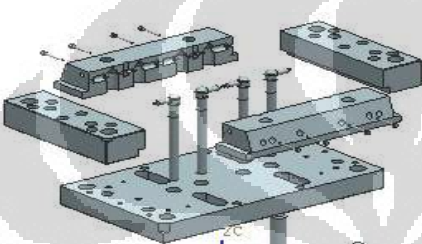
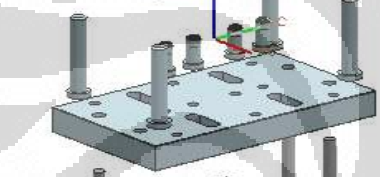
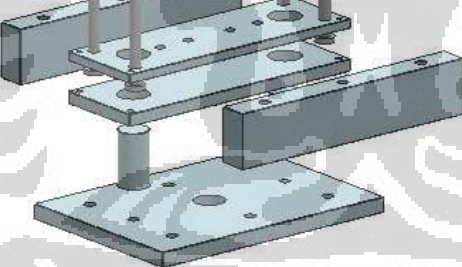
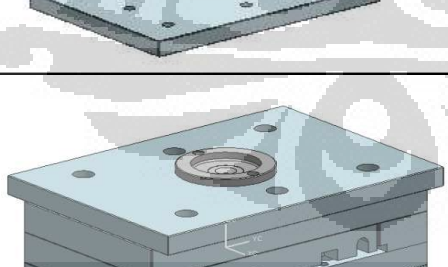
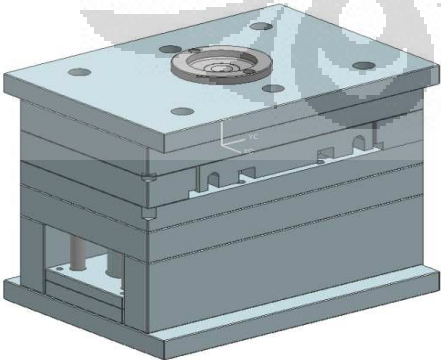
NO	Gambar proses assembly	Keterangan	waktu prose
1		1.1. Pada <i>fixed plate</i> atau biasa dinamakan bagian <i>cavity</i> ini dimulai dengan merakit <i>top plate</i> dengan <i>locating ring</i> dan <i>sprue bush</i> .	32
		1.2. Kemudian <i>insert pin</i> , <i>angular pin</i> , dan <i>guide bush</i> disetting pada <i>cavity plat</i>	28
		1.3. Setelah itu, ikat <i>runner plate</i> agar menempel pada <i>cavity plate</i> menggunakan baut	20
		1.4. Terakhir, pasang <i>locking block</i> pada kolom di <i>cavity plate</i> dan ikat dengan baut.	20

Berdasarkan hasil pengumpulan data pada proses perakitan cetakan *Terminal Cap*, diketahui bahwa waktu proses perakitan adalah 908 menit atau 15.2 jam.

3.4. Data Proses Manufaktur

Setelah mendapatkan analisa menggunakan DFA, Tahapan selanjutnya adalah analisa Proses Manufaktur. Analisa proses manufaktur bertujuan untuk mendapatkan waktu proses awal sebelum mendapatkan rancangan baru yang telah menggunakan analisa metode DFA.

Lanjutan Tabel 3.2 Proses Perakitan Cetakan *Terminal Cap*

2		<p>2.1. Perakitan kedua, yaitu <i>insert core</i> dengan porosnya. karena kunci poros pada <i>insert core</i> hanya berupa ulir yang ketahanannya tidak maksimal, maka ditambahkan pena yang mengunci poros dengan <i>insert core</i> sehingga poros tidak akan berotasi. Pada saat proses inilah operator kesulitan merakitnya.</p>	72
3		<p>3.1. Perakitan ketiga adalah bagian <i>moving plate</i>. Pada bagian ini diawali dengan perakitan <i>ejector plate</i>, <i>retainer plate</i>, <i>return pin</i>, poros core dan <i>insert core</i>, plat tersebut diikat dengan baut</p>	48
		<p>3.2. Kemudian, perakitan dimulai dari plat yang paling bawah yaitu <i>bottom plate</i>, lalu <i>sub assy retainer plate</i>, <i>support pillar</i>, <i>spacer block</i>, <i>core support plate</i>.</p>	55
		<p>3.3. Sebelum pengikatan <i>moving side</i> oleh baut maka sebelumnya <i>insert fix core</i> dipasang pada core plate. Lalu baut keseluruhan <i>moving side</i> dengan baut</p>	49
		<p>3.4. Setelah <i>moving side</i> selesai dirakit, berikutnya adalah bagian <i>slider</i> dan <i>guide rel slider</i>. <i>Slider block</i> di <i>setting</i> tepat dan sesuai dengan <i>insert core</i>, kemudian pasang <i>guide rel</i> sebagai <i>guide</i> Bergeraknya <i>slider</i> membuka dan menutup pada saat proses pencetakan.</p>	389
		<p>3.5. Setelah semua <i>sub assy</i> terpasang maka final assy dilakukan dengan menggabungkan antara <i>fix side</i> dengan <i>moving side</i></p>	195
TOTAL WAKTU PROSES ASSEMBLY			908

Waktu proses yang didapat dari analisa proses manufaktur bertujuan untuk perbandingan kecepatan waktu proses antara rancangan yang menggunakan metode DFA dengan yang tidak menggunakan metode DFA. Di bawah ini adalah tabel waktu proses awal masing-masing komponen untuk cetakan *Terminal Cap*.


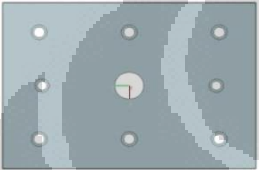




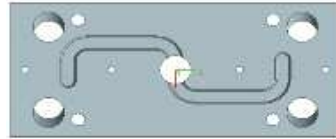
Jumlah komponen cetakan bergantung pada tingkat kerumitan produk dan sistem rancangan cetakan. Pada cetakan injeksi produk *Terminal Cap* terdapat 35 komponen dengan rincian 17 produk diproduksi setelah membeli material dan 18 produk jadi. Sumber data proses baik proses perakitan ataupun manufaktur didapat dari laporan kerja harian operator.

Pada umumnya, komponen cetakan telah tersedia oleh *supplier* dengan bentuk standar sehingga proses manufaktur menjadi minimal, namun karena tidak semua ukuran *moldbase* (plat susunan cetakan) standar tersedia, maka untuk *moldbase* hanya membeli material lalu dikerjakan melalui proses manufaktur dan untuk komponen standar lainnya dengan membeli langsung, tanpa proses manufaktur. Pembelian *moldbase* standar memang lebih mahal namun proses manufaktur nya lebih minimal, sebaliknya untuk pembuatan *moldbase* material yang dibutuhkan lebih murah, namun proses manufaktur lebih banyak dan lama.

Banyak pertimbangan seorang perancang dalam menentukan proses, material dan juga sistem rancangan yang akan digunakan. Sehingga analisa rancangan sangat dibutuhkan sebelum proses produksi cetakan dimulai untuk meminimalkan kesalahan atau kekurangan pada proses atau hasil produk cetakan. Untuk melengkapi analisa proses manufaktur cetakan berikut tabel waktu proses manufaktur,

Berdasarkan tabel 3.3 total waktu proses manufaktur Terminal Cap yaitu 12.563 menit atau 209 jam sama dengan sekitar 27 hari. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa waktu proses pembuatan komponen paling lama yaitu pada proses pembuatan komponen inti atau yang berhubungan langsung dengan produk. Karena pada pembuatan komponen tersebut selain proses pemesinan yang memakan waktu lama dan proses yang sulit, terjadi proses EDM (Electrical Discharge machining) pada bentukan produk yang tidak dapat diproses oleh mesin CNC (Computer numerical Control), dan juga proses *polishing* yang memakan waktu lama.

Tabel 3.3 Waktu Proses Manufaktur Cetakan *Terminal Cap*

NO	Komponen	No Proses	Detail proses	Waktu (menit)	Ket
1	Top / Cavity plate 	1	Gerinda	73	
		2	Pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , pembuatan lubang baut, lubang <i>locating ring</i>	132	
		3	manual : <i>chamfering</i> , tap ulir	82	
		TOTAL			287
2	Bottom Plate 	1	Gerinda	62	
		2	Pemesinan : <i>squaring</i> , pembuatan lubang baut, lubang ejector road	129	
		3	manual : <i>chamfering</i>	18	
		TOTAL			209
3	Locating Ring 	1	Pemotongan silinder	47	
		2	Bubut	119	
		3	Bor lubang baut	24	
		TOTAL			190
4	Cavity plate 	1	Gerinda	72	
		2	Pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , pembuatan kontur kolam, lubang baut, lubang <i>guide pin</i> , pembuatan elektroda	552	
		3	manual : <i>chamfering</i> , tap ulir	68	
		TOTAL			692
5	Guide rail 	1	Gerinda	58	
		2	pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , pembentukan kontur, lubang baut, lubang <i>guide pin</i>	246	per pcs
		TOTAL			550
6	Locking block 	1	Gerinda	63	
		2	Pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , pembentukan kontur	128	per pcs
		3	manual : tap ulir	57	
		TOTAL			376
7	Runner plate 	1	gerinda	63	
		2	Pemesinan : <i>setting</i> , pembuatan kontur <i>runner</i> , pembuatan lubang <i>slider pin</i> , pembuatan lubang	182	
		TOTAL			245

Lanjutan Tabel 3.3 Waktu Proses Manufaktur Cetakan *Terminal Cap*

8	 <p><i>Slider block</i></p>	1	Gerinda	77	
		2	Pemesinan : <i>setting</i> , pembuatan kontur luar, lubang <i>slider</i> , lubang <i>cooling</i> , bor bersama lubang <i>insert pin</i> , pembuatan elektroda	682	per pcs
		3	Proses EDM : bentukan produk dan runner	196	per pcs
		4	Proses manual : tap ulir, reamer H7	98	per pcs
		5	Proses poles : poles bagian produk	633	per pcs
		TOTAL			3295
9	 <p><i>Insert core pin</i></p>	1	Pemesinan : <i>setting</i> , pembuatan kontur produk, pembuatan elektroda	322	per pcs
		2	Proses manual : tap ulir, <i>reamer</i>	28	per pcs
		3	Proses EDM	47	per pcs
		4	Proses poles	88	per pcs
		TOTAL			1940
10	 <p><i>Core plate</i></p>	1	Gerinda	79	
		2	Proses pemesinan : pembentukan kontur, lubang <i>insert</i> , lubang kepala <i>guide pin</i> , lubang <i>return pin</i> , lubang <i>cooling</i>	589	
		3	Proses manual : tap ulir	238	
		TOTAL			906
11	 <p><i>Insert fix core</i></p>	1	Pemesinan : bentukan kontur, lubang Ø 12, lubang Ø 14	268	per pcs
		2	Proses EDM	335	per pcs
		3	proses manual : <i>reamer</i>	69	per pcs
		TOTAL			2688
12	 <p><i>Ejector insert</i></p>	1	Pemesinan : bubut Ø6	32	per pcs
		2	Proses manual : tap ulir	23	per pcs
		TOTAL			220
13	 <p><i>Core Support Plate</i></p>	1	Gerinda	77	
		2	Proses Pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , lubang baut, kontur <i>slider</i>	295	
		TOTAL			372
14	 <p><i>Ejector retainer plate</i></p>	1	Gerinda	53	
		2	Proses Pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , lubang <i>support pillar</i>	144	
		TOTAL			197
15	 <p><i>Ejector plate</i></p>	1	Gerinda	63	
		2	Proses Pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , lubang baut, lubang <i>support pillar</i>	62	
		TOTAL			125
16	 <p><i>Spacer block</i></p>	1	Gerinda	58	
		2	Proses pemesinan : <i>setting</i> , <i>squaring</i> , pembuatan lubang	68	per pcs
		TOTAL			194
17	 <p><i>Insert pin</i></p>	1	proses pemesinan : bubut	77	
		TOTAL			77
TOTAL WAKTU PROSES MANUFAKTUR				12563	209 jam

Setelah analisa rancangan awal menggunakan DFA, maka akan mendapatkan konsep rancangan baru, setelah mendapatkan konsep rancangan baru, proses manufaktur rancangan kembali di analisa untuk mendapatkan waktu proses baru dan membandingkan dengan waktu proses awal. Karena sesuai dengan tujuan penggunaan DFA menjadikan waktu proses menjadi lebih cepat.

3.5. Cacat / Defect

Percobaan pertama dilakukan pada tanggal 13 Juni 2011 dengan menggunakan mesin Toshiba 120 Ton dengan standar terlampir. Pada saat percobaan terdapat beberapa masalah yang memerlukan modifikasi, penambahan atau perubahan. diantaranya :

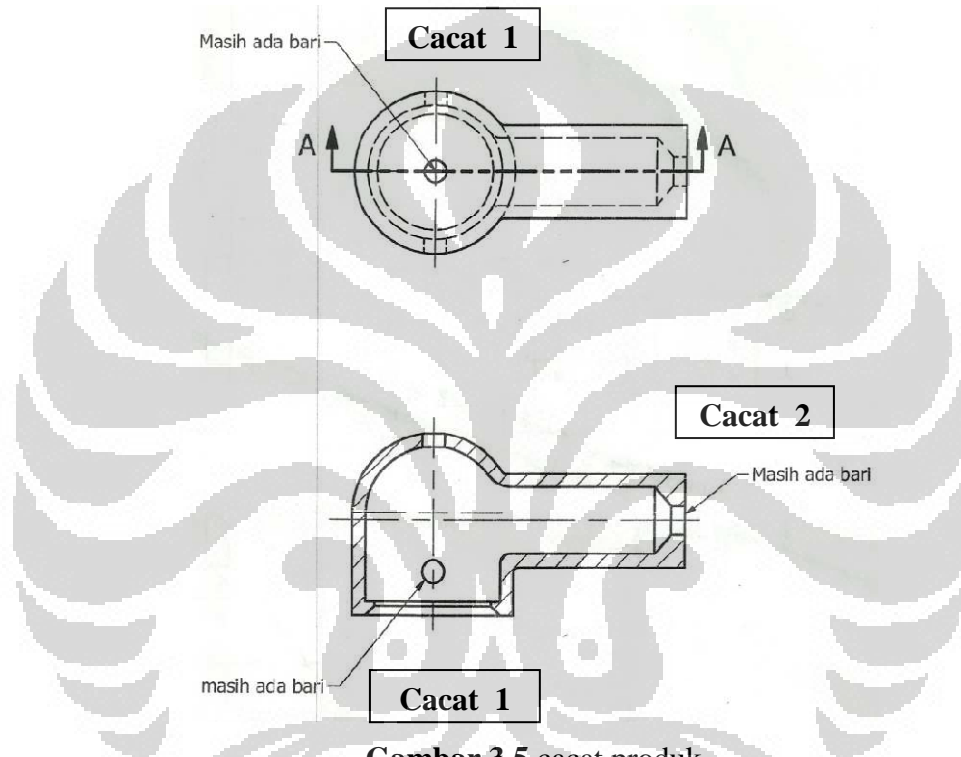
1. *Slider block* menabrak poros ketika cetakan menutup di mesin injeksi, setelah di teliti hal ini disebabkan oleh tidak adanya spring untuk mengembalikan insert core terlebih dahulu, lalu *slider block* menutup dan menjepit *insert core* pada saat mold menutup.
2. *Slider block* masih dapat bergerak ketika cetakan terbuka yang dapat berbahaya pada proses penutupan cetakan karena angular pin tidak dapat masuk ke dalam lubang *slider block* apabila *slider block* berpindah posisi. Hal ini terjadi karena *bolt stopper* yang terlalu besar sehingga slider berhenti mengenai bolt, akan tetapi catch ball belum memasuki lubangnya.

Setelah melakukan percobaan, kemudian didapatkan *approval inspection* data yang berasal dari pelanggan, bahwa produk tersebut *reject / Not Good* (NG). produk dikatakan *reject* karena di sekitar produk terdapat banyak bari (*flashing*) yaitu suatu fenomena plastik cair yang terdesak ke dalam celah / *clearance* dan membentuk lebihan plastik. Ada beberapa penyebab *flashing*, diantaranya :

1. Kepresisian cetakan yang buruk.
2. Viskositas (kekentalan) plastik rendah, sehingga alirannya bagus (mudah mengalir) .
3. Injection Pressure terlalu tinggi atau clamping force lemah.

Pada masalah produk *Terminal Cap* bari / *flashing* dapat diakibatkan oleh

ukuran *gate* alur masuk plastik pada produk terlalu besar, sehingga volume material plastik yang masuk terlalu besar dan mendorong material plastik berlebihan sampai keluar melalui *parting line*. Selain memperbesar ukuran *gate*, cara lain yaitu mengidentifikasi bentuk geometri komponen berdasarkan metode DFA. Penjelasan posisi cacat bari / *flashing* yang diberikan oleh pelanggan terlihat pada gambar 3.9 berikut,

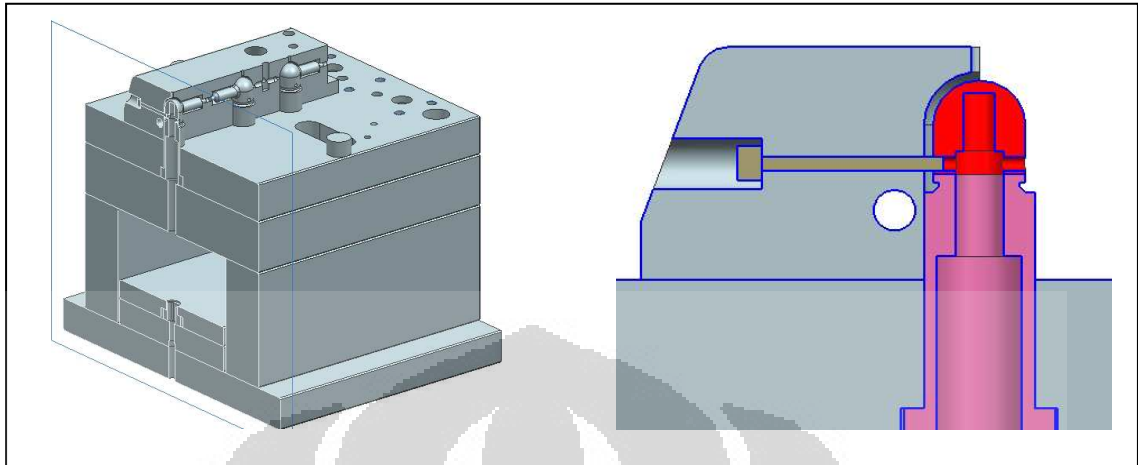


Gambar 3.5 cacat produk

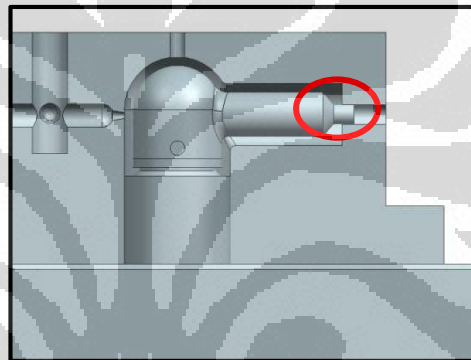
Gambar 3.6 menunjukkan posisi cacat produk pada cetakan, hal tersebut terjadi karena pena pembentuk lubang pada produk tidak masuk dengan sempurna sehingga terjadi ketidaksesuaian antara pada proses masuknya diameter pena dengan lubang karena gerakan injeksi menyebabkan proses menjadi kritis.

Hasil analisa Penyebab cacat 1 adalah proses diameter pena yang masuk ke dalam lubang *insert* bersifat kritis karena dengan kelonggaran yang kecil pena seringkali menabrak lubang dan menyebabkan pena tidak masuk ke dalam lubangnya sehingga produk menjadi cacat.

Penyebab cacat 2 disebabkan oleh hal yang sama yaitu proses masuknya pena ke dalam lubang yang kritis. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.7 berikut,



Gambar 3.6 Penyebab Cacat 1



Gambar 3.7 Identifikasi penyebab cacat 2

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan Evaluasi rancangan cetakan produk *Terminal Cap* ditinjau dari metode *Design For Assembly* untuk menyelesaikan permasalahan yaitu sebagai berikut ini :

- Sebanyak 75% produk cacat *flashing* / bari dapat ditekan dengan merancang komponen yang dapat *self locating* yaitu menempatkan posisi *insert pin* dapat masuk ke dalam lubangnya secara otomatis sehingga dapat juga mempermudah proses perakitan, proses *breakdown* cetakan, dan juga tidak perlu melakukan proses *reworking* produk.
- Untuk permasalahan cetakan tidak dapat menutup sehingga 99% produk *Terminal Cap* sulit terbentuk dapat diselesaikan dengan menambahkan komponen pegas SWF 28-85.
- Pada masalah operator kesulitan mengambil 2 produk (50%) dari 4 produk *cavity* pada mold dapat diselesaikan dengan metoda pembuatan komponen baru dengan menambah jarak antara 2 *cavity*
- Sulitnya setting dan proses pembuatan komponen insert. Dapat diselesaikan dengan merancang komponen *insert core* dan porosnya menjadi 1 komponen.

5.2. Saran

Analisa rancangan menggunakan DFA dapat menyelesaikan permasalahan dalam rancangan, namun proses percobaan produksi tetap harus dilakukan untuk mengetahui hasil produk yang diinginkan sesuai dengan permintaan pelanggan. Sehingga setelah mendapatkan rancangan baru percobaan produksi sangat dianjurkan.

DAFTAR REFERENSI

C.H. Yeh, Jay C.Y., & F.C.Wu (2011). *A Breakthrough Product R&D Model by Using the Integration of Four-Phases QFD's and TRIZ*. Proceeding of 2011 International Conference on modelling, Identification and Control. Shanghai, China.

Design For Manufacturing / Assembly (DFM, DFA, DFMA) Handout. Department of Industrial Engineering & Logistic Management, The Hong Kong University of Science & Technology. www.ielm.ust.hkdfacultyajaycoursesielm317lecsdfmdfm.pdf

Ismail. A.R., Manap.A.H.A.A., Wahab.D.A., Zulkifli.R., Makhtar.N.K., Sopian.K. (2009). Cocurrent Engineering Approach in Designing Pressure Vessel. *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X Vol.30 No.2, pp 245-252.

Jeswiet J., DFA, DFM, DFMA 2 Handout. Department of Mechanical and Material Queen's University, Kingston, Ontario, Kanada.

Lu Yuduo, Yu Jiao, Liu Feng (2011). *Product Develeopment Research Based on the Quality Function Deployment*. Product innovation management (ICPIM), 6th International Conference. IEEE, 978-1-4577-0358-4/11.

Otis, Irv (1992, August). *Designing For Manufacture and Assembly to Improve Effeciency and Quality*. Industrial Engineer, 24,8. Proquest, page 60.

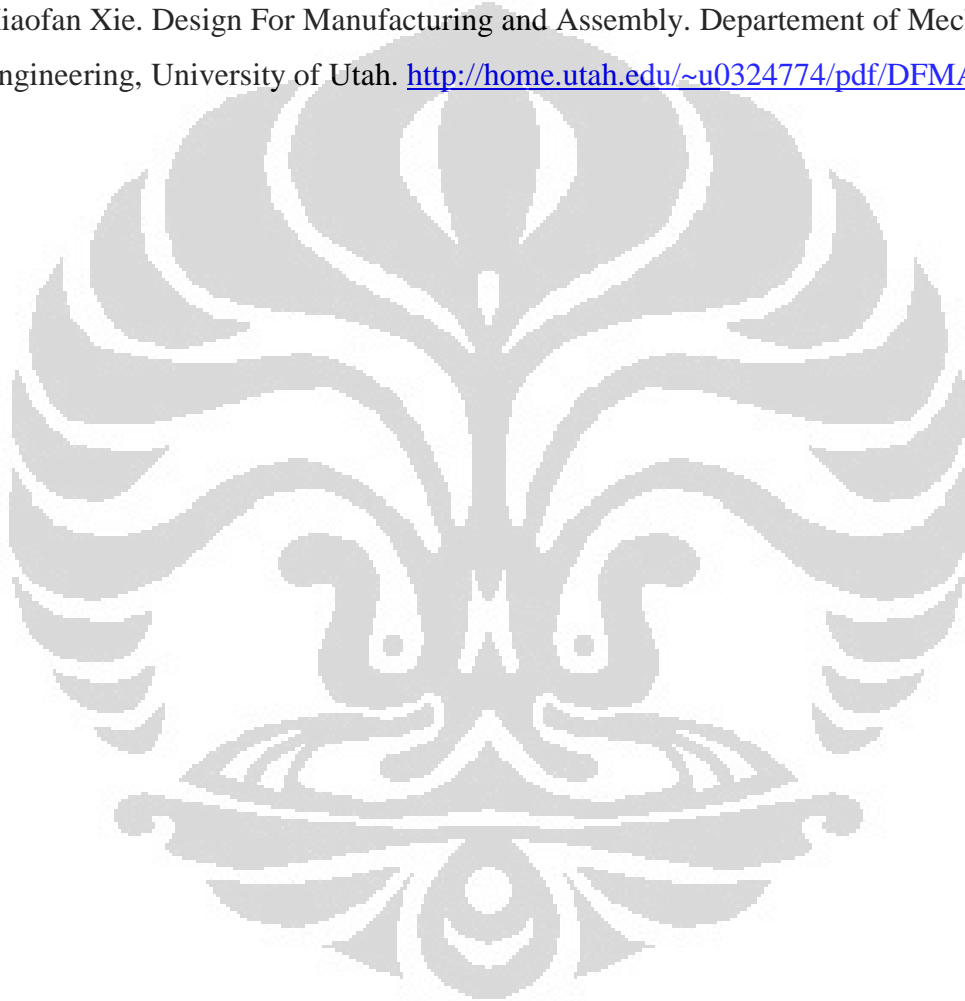
Rahayu, Hendriani (2011). Usulan Rancangan Mold Guide IC Untuk Menurunkan Biaya Produksi dengan Metoda DFM. Fakultas Teknik, Teknik Industri, Universitas Indonesia.

Tatikonda, Mohan V., Design For Assembly : *A Critical Methodology for Product Reengineering and New Product Development*. Kenan-Flagler Bussines School,

University of North Carolina, Chapel Hill. Production and Inventory Management Journal (First Quarter, 1994)

Stroud, I., Ahmed, S.S., Neelamkavil, J., Ostojic, M (2004). Intelligent Manufacturing and Mold Making. Proceedings of The International IMS forum 2004, Lake Como, Italy. Pp. 54-61.

Xiaofan Xie. Design For Manufacturing and Assembly. Department of Mechanical Engineering, University of Utah. <http://home.utah.edu/~u0324774/pdf/DFMA.pdf>



SETTING STANDARD

NO STANDAR SETTING :	MOULD SIZE (mm) : P. L. T.
MACHINE NO/BRAND : 09 Toshiba 120 T	CLAMPING FORCE : 70 Kgf/cm ²
PART NAME : terminal cap	COOLING SYSTEM-CORE : TOWER/ CHILLER /MTC
PART NO. :	- CAV : TOWER/ CHILLER /MTC
CUSTOMER :	MOULD TEMPERATUR : CORE: °C CAV: °C
MATERIAL CODE / COLOR : PVC - black	COOLING TIME : 105 SEC
CAVITY : 2	CYCLE TIME : 40 SEC
PART WEIGHT/PCS : 3 gr	NOZLE TYPE : L.NOZLE/ S.NOZLE
RUNNER WEIGHT/PCS : 8.8 gr	HOPPER DRYER : °C

BAREL TEMPERATUR

+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
HN	H1	H2	H3	H4	H5
170	180	180	175	-	-

MOULD OPEN

LAMP UNIT	SLOW	FAST	SLOW
POS. (mm)	400	350	150
SPEED (%)	-	16	-
PRESS (%)	-	-	-

MOULD CLOSE

FAST	SLOW	HP	INJUMER
150	80	1.3	2
-	10	-	-
-	48	60	-

CHARGING SUCK BACK

POS. (mm)	-	-	13	-
SPEED (%)	-	-	30	-
BACK PRESS (%)	-	-	10	-

EJECTOR BACK FORWARD

POS. (mm)	0	40
SPEED (%)	20	2
PRESS (Kgf)	-	-

INJECTION UNIT N. RET

POSITION. (mm)	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	-	6.4	9	12	-
SPEED (%)	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	-	7	15	13	-
PRESS (Kgf)	+/-	+/-	+/-	+/-	-
	-	-	-	20	-
TIME (Sec)	+/-	+/-	+/-	+/-	-
	-	-	-	4	-

HOLDING

SPEED (%)	+/-	+/-	+/-	mm
	-	-	13	0.2
PRESS (Kgf)	+/-	+/-	+/-	
	-	3	5	
TIME (Sec.)	+/-	+/-	+/-	
	-	-	1	

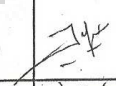

Revisi Perubahan

No	Jenis Revisi	Tanggal	Dibuat	Disetujui

CRITICAL CHECK POINT

MACHINE	MOULD

Cimanggis - 13.06.2011

Approved		Checked	Prepared
			
Engineering	Produksi	Produksi	Produksi